Celinda Álvarez Arias | Rosa Huaraca Aparco | Aydeé Kari Ferro
Nora Gladys Echegaray Peña | Fidelia Tapia Tadeo | María Del Carmen Delgado Laime
Juan Alarcón Camacho | Niki Franklin Flores Pacheco | Medalit Villegas Casaverde
Calixto Cañari Otero | Godoy Medina Hans Yuri | Grecia Valverde Mamani



# HUMUS DE LOMBRIZ SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PAPA

Atena
Editora
Ano 2023



Celinda Álvarez Arias | Rosa Huaraca Aparco | Aydeé Kari Ferro
Nora Gladys Echegaray Peña | Fidelia Tapia Tadeo | María Del Carmen Delgado Laime
Juan Alarcón Camacho | Niki Franklin Flores Pacheco | Medalit Villegas Casaverde
Calixto Cañari Otero | Godoy Medina Hans Yuri | Grecia Valverde Mamani

# HUMUS DE LOMBRIZ SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PAPA

Atena Editora
Ano 2023

**Editora chefe**
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
**Editora executiva**
Natalia Oliveira
**Assistente editorial**
Flávia Roberta Barão
**Bibliotecária**
Janaina Ramos
**Projeto gráfico**
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
**Imagens da capa**
iStock
**Edição de arte**
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

# Humus de lombriz substrato para la producción de papa

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga
**Revisão:** Os autores

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

H929 Humus de lombriz substrato para la producción de papa / Celinda Álvarez Arias, Rosa Huaraca Aparco, Aydee Kari Ferro, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Otros autores
Nora Gladys Echegaray Peña
Niki Franklin Flores Pacheco
Fidelia Tapia Tadeo
María Del Carmen Delgado Laime
Juan Alarcón Camacho
Medalit Villegas Casaverde
Calixto Cañari Otero
Hans Yuri Godoy Medina
Grecia Valverde Mamani

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1015-7
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.157231702

1. Químico. I. Arias, Celinda Álvarez. II. Aparco, Rosa Huaraca. III. Ferro, Aydee Kari. IV. Título.

CDD 540

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

El origen del presente libro se fundamenta en el uso de Humus de lombriz, tambien conocido como vermicompost, para el uso como sustrato en la producción de papa. En el cual las contribuyen a su fragmentación y descomposición, favoreciendo la incorporación de materia orgánica al suelo. El humus de lombriz también son una fuente de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citocinas y, por lo tanto, tienen un gran potencial para mantener la fertilidad del suelo. El efecto positivo de la vermicomposta o humus de lombriz sobre el crecimiento y desarrollo de la papa tienen efectos positivos para la producción orgánica. La aplicación del humus de lombriz en la papa variedad Canchan INIA estudiados en la presente obra fueron: Crecimiento vegetativo del cultivo de papa representado por los indicadores: porcentaje de emergencia, porcentaje de brotes laterales, altura de planta entre los periodos de 30, 60 y 90 días después de la siembra y el número de tallos entre los periodos de 30, 60 y 90 días después de la siembra; ii) rendimiento del cultivo de papa *(Solanum tuberosum L.),* variedad Canchan INIA representado por los indicadores de peso de tubérculo por planta, peso de tubérculo, número de tubérculos por planta, diámetro de tubérculo y rendimiento, Encontrándose que la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) que adjudica los mayores promedios de emergencia con 91.25%; porcentaje de brotes laterales de 95%; alturas de planta entre 32.7575 cm a los 60 después de la siembra hasta 42.6275 cm a los 90 días después de la siembra y número de tallos entre 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds). Los resultados en los parámetros de rendimiento se reporta los mayores promedios para el T2, entre los que destaca el rendimiento de tubérculos de 32.1525 t/ha, peso de tubérculos por planta de 868.1375 g/planta, diámetros de tubérculos entre 36.58 mm a 42.7175 mm y 13.9625 tubérculos/planta, se concluye que la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta tiene mejor efecto en los parámetros productivos del cultivo de papa frente a la aplicación al voleo de 2 Kg/m2 de humus de lombriz en el cultivo de papa.

# PROLOGO

El humus es el abono resultante de todos los procesos químicos y biológicos sufridos por la materia orgánica en un proceso muy elaborado llamado vermicompostaje o lombricompostaje.

Está compuesto por el carbono, el oxígeno, nitrógeno y todos los macro y microelementos que se utilizan para darle origen.

La microflora benefica contenida en el humus de lombriz, no es igualada por ningún abono similar, presentando un contenido bacteriano de hasta dos billones de colonias por gramo de muestra; lo cual lo convierte en el mejor inoculador de vida en los suelos que lo utilizan.

El cultivo de la papa responde bien a las condiciones agroclimáticas, encontrándose resultados veneficos en parcelas comerciales. En la tarea de disminuir la contaminación de los suelos, agua y plantas por el uso inadecuado de agroquímicos, humus de lombriz, como un abono orgánico no toxico a fin de cumplir los requisitos en el manejo ambiental, de calidad y económicos.

De acuerdo a los objetivos planteadas en la obra y bajos las condiciones de clima y suelo del distrito de Chuquibambilla, Grau, Apurímac. Se determino el crecimiento crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA. Con la aplicación de humus de lombriz *(Eisenia foetida*) tiene efecto significativo sobre los indicadores del crecimiento vegetativo del cultivo de papa siendo la aplicación localizada en la dosis de planta la que adjudica los mayores promedios.

En relación al rendimiento la aplicación de humus de lombriz tiene efectos significativos sobre los parámetros de rendimiento del cultivo de papa, siendo la aplicación localizada de humus de lombriz de  Kg/planta la que adjudica los mayores promedios.

Por esta razón, el humus de lombriz y su aplicación como sustrato en el cultivo de la papa realzan la importancia de este tipo de ecosistemas, dada sus propiedades son benéficas en el desarrollo del cultivo, como son el rendimiento e indicadores de crecimiento de la papa  y algunas otras propiedades funcionales en el desarrollo del cultivo. La aplicación del humus de lombriz en el cultivo de la papa se refleja en el presente trabajo.

Los autores.

# SUMÁRIO

# INTRODUCCIÓN

Uno de los principales pilares de la agricultura sostenible, son el conjunto de prácticas que protegen los recursos ambientales sin reducir las necesidades humanas, con la maximisación del uso de fertilizantes orgánicos en la producción de plantas y prevenir la degradación de los ecosistemas del suelo. La información disponible sugiere que la degradación del suelo ha aumentado significativamente en las últimas décadas, y muchos suelos de los químicos se caracterizan por una reducción significativa de la fertilidad, lo que afecta directamente a la cantidad y calidad de los cultivos. Los procesos desfavorables continuarán si no se toman las medidas adecuadas. Además, las pequeñas granjas y las prácticas hortícolas tienden a producir material de vivero en pequeños contenedores, donde la turba es un componente principal. La turba se utiliza para garantizar una aireación e hidratación adecuadas en la rizósfera y mantener un nivel adecuado de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, la turba es un recurso ambiental no renovable, y su consumo provoca la explotación y degradación de ecosistemas valiosos y en peligro. Actualmente se está investigando el uso de alternativas a la turba en sustratos de cultivo, de los cuales uno son residuos orgánicos producidos en zonas rurales, que contienen cantidades importantes de nutrientes para las plantas. Sin embargo, se requiere un procesamiento y una aplicación adecuada para evitar el deterioro de la fertilidad del suelo y los efectos fitotóxicos. El uso de desechos orgánicos no estabilizados puede limitar el desarrollo de grupos específicos de microorganismos, lo que, a su vez, puede retrasar significativamente la descomposición y mineralización de los desechos. Un método para convertir la masa orgánica de los residuos es el vermicompostaje, que se está volviendo más popular debido a su carga ambiental potencialmente baja y a la creciente conciencia de que los residuos orgánicos son una fuente de nutrientes y su aplicación juega un papel esencial en la mejora de la calidad del suelo y el medio ambiente. restauración de la biodiversidad. El vermicompostaje acelera la conversión de materia orgánica residual en vermicompost rico en nutrientes a través de la interacción de una densa población de lombrices y microorganismos.

# HUMUS DE LOMBRIZ O EXCRETA DE LOMBRIZ

El “humus de lombriz” es obtenido mediante la digestión de “residuos orgánicos de la lombriz roja o de California” (Valeriano Valeriano 2021), al tratarse de la excreta de las lombrices es una sustancia inodora, de color marrón oscuro y puede ser incorporado en el abonamiento de cualquier cultivo (Tupayachi Huayhua 2021).

El humus de lombriz es un abono “muy estable, no se pudre, no se fermenta”, es nutriente directamente disponible para la planta, favorece el desarrollo radicular de las plantas, su duración en el suelo es de 5 años y retiene la humedad en 16 veces su peso (Valeriano Valeriano 2021), “es rico en enzimas que actúan sobre la materia orgánica, regenerando los suelo, tiene elevado contenido de ácidos húmicos, fúlvicos y carga microbiana, restaura la actividad biológica del suelo” (Amacifuén Flores 2012)

El humus contribuye mejorando “la estructura del suelo, haciéndolo más permeable al agua y al aire, favorece la retención de agua, libera los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada. Cuenta con pH neutro, se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las planta” (Amasifuen Fasanando 2003).

Existen muchos autores que estudiaron los beneficios del humus de lombriz en los cultivos y como denominador común aceveran que incorporado al suelo como enmienda mejora las propiedades fisico, químico y microbiológico del suelo y aumentan los rendimientos de los cultivos (Amasifuen Fasanando 2003; Mendoza Belén 2017; Ojeda Quintana et al. 2020; Amacifuén Flores 2012; Mozombite García 2012; Tupayachi Huayhua 2021; Valeriano Valeriano 2021)

El humus de lombriz es “el último proceso de putrefacción de la materia orgánica, se puede producir desde el nivel del mar hasta 3800 msnm”. (Astorga, Simón y Victoria 2021)

# CARACTERÍSTICAS DEL LOMBRICOMPOST

El humus de lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos Valeriano (2021) y su calidad depende de la calidad de materia orgánica ingestada por las lombrices.

Según Amacifuén Flores (2012) la composición del humus de lombriz tiene las características mencionadas en la tabla 1.

| **Elemento** | **Contenido** |
|---|---|
| pH | 7.18 |
| Porcentaje de materia orgánica (%) | 27.20 |
| Porcentaje de nitrógeno (%) | 2.00 |
| % de fósforo (%) | 2.40 |
| % de potasio (%) | 1.36 |
| Presencia de calcio meq/100 Ca | 6.40 |
| Presencia de magnesio meq/100 Mg | 1.80 |

Tabla 1. Composición del humus de lombriz en el departamento de San Martín

Fuente: (Amacifuén Flores 2012, p. 31)

Los valores en la composición del humus de lombriz pueden variar dependiendo de la temperatura y tipo de alimento suministrado a las lombrices ("estiércol, rastrojo u otros desechos") tal como se muestra en la tabla 2 (Pantoja Medina 2020), las enzimas digestivas de las lombrices liberan el N, P y K y otros oligoelementos. El lombricompost posee una serie de microorganismos benéficos. El humus tiene que mantenerse con una humedad de 50 a 60 %, así mismo tiene sustancias de crecimiento vegetal como las fitohormonas. (Santoyo et al. 2017), es sabido que "1 mg/L de humus equivale a la actividad de 0.01mg/L de A.I.A" (Campos Mariscal et al. 2020).

| Tipo de lombricomposta | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) | Fe (ppm) | Zn (ppm) | Mn (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E. de bovino | 2.02 | 0.8 | 0.5 | 2.04 | 0.85 | 1.07 | 217 | 408 |
| E. de cabra | 1.31 | 0.71 | 1.77 | 5.01 | 0.55 | 2.55 | 129 | 236 |
| E. de conejo | 1.5 | 1.2 | 0.2 | 2.86 | 0.65 | 2.61 | 124 | 776 |
| E. gallina | 1.33 | 1.66 | 0.08 | 10.2 | 0.6 | 1.31 | 644 | 901 |

Tabla 2. Características químicas del humus de lombriz

Fuente: (Pantoja Medina 2020, p. 30)

Según Pantoja Medina (2020) “El humus de lombriz está compuesta por la siguiente composición mineralógica: Nitrógeno total 1.6 2.3%, fosforo total1.4-1.9%, potasio total 1.4-1.9%, Calcio1.3-6.9%, pH neutro 7.0-7.2, humedad máxima 40, Magnesio, hierro, sodio, cobre, manganeso, etc. que permite a las plantas tener un desarrollo normal”. (p. 31)

Estudios realizados en la “Unidad Científica de Base Suelos en Cuba”, por Ojeda Quintana et al. (2020) reporta que el “humus de lombriz” contiene “0,99, 0,47 y 0,36% de N, P y K, respectivamente, y 21,11% de materia orgánica” y Zea Rojas (2017) menciona que existe distintos valores para las características químicas del humus de lombriz por ejemplo en “la Estación Experimental ILLPA – Puno en el 2005” se registró por gramo de humus una humedad de 58,52%, sustancias orgánicas 45%, nitrógeno 2,1%, fósforo 1,42%, potasio 1,44%, calcio, 6,74%, pH entre 7,1 y 7,5 y carga bacteriana de 2*10 exp10”. Zea Rojas (2017) refiere que los valores de las características químicas difieren en otras regiones de América Latina, los análisis físico, bacteriológico de “el Manual práctico para la lombricultura de la FAMA” el “humus de lombriz presenta un pH entre 6,8 y 7,5, humedad de 30 a 40%, nitrógeno 1,5 a 5 gramos, fósforo 1,5 a 5 gramos, potasio 1,5 a 305 gramos, CE de 3 a 4 mmhos/cm, fracción orgánica de 20 a 50% (Brechelt); mientras que en el Manual lombricultura de la SAGARPA de México” reporta “pH 6,8 a 7,2, nitrógeno 1,5 a 3,35%, fósforo 700 a 2 500 ppm y potasio 4 400 a 7 700 ppm (SAGARPA)”

# PROPIEDADES DEL LOMBRICOMPOST

Sarmineto-Sarmiento (2019) sostiene que el humus, aumenta la retención de humedad en el suelo, “favoreciendo las características físicas y biológicas dentro del suelo”, neutraliza la disponibilidad de agentes contagiosos de insumos químicos por su elevada asimilación que posee.

Astorga, Simón y Victoria (2021) reporta las propiedades que aporta al suelo:

i) “mejoran la estructura y aireación”; ii) “proporcionan un mayor número de nutrientes”, iii) “consiguen retener más agua”; iv) “aumentan la flora microbiana”; v) “favorecen la absorción de nutrientes en las plantas” y vi) “reducen hasta un 50% el uso de fertilizantes químicos”, mientras en las plantas aumenta la producción, mejora el cuajado de los frutos, favorecen el enraizamiento por el contenido de fitohormonas, aumentan el “contenido de azúcares en los frutos”.

Según Valeriano Valeriano (2021, p. 19) la incorporación del humus al suelo influye de la siguiente forma:

a) Propiedades químicas

- Aumenta la disponibilidad de N, P y K, especialmente N orgánico
- Aumenta “la eficiencia de la fertilización”, especialmente N
- Asegura la reacción del suelo, por su “alto poder tampón”
- Inhibe el efecto residual de “plaguicidas” por su “capacidad de absorción”
- Disminuye el desarrollo de “hongos y bacterias” perjudiciales para las plantas.

b) Propiedades Físicas

Mejora “la estructura del suelo”, proporcionando soltura a los suelos arcillosos y mejora la porosidad

Mejora la filtración y ventilación

- Disminuye el deterioro del suelo
- Aumenta la “capacidad de retención de humedad”
- Modifica el color del suelo a un color oscuro que favorece la retención del calor

c) Propiedades biológicas

- “Es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana”
- “Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros se incrementa y diversifica la flora microbiana”

d) Contenido de nutrientes

Existe diversidad de información para el contenido de nutrientes del humus de lombriz y tiene relación con la calidad de la materia orgánica ingestada por la lombriz y factores como temperatura y tiempo de humificación, según reportes del laboratorio de la

facultad de agronomía y zootecnia de la UNSAAC citado por Tupayachi Huayhua (2021) reporta el contenido del humus de lombriz en la tabla 3.

| **Composición** | **Cantidad** |
|---|---|
| pH | ± 7 |
| Sustancias orgánicas | 44 a 46% |
| Nitrógeno | 1.7 a 2 % |
| P2O5 soluble | 1.4 a 2 % |
| K2O intercambiable | 1.4 a 2 % |
| Humedad media | 56 a 60 % |
| Calcio (Ca) | 2 a 3.5 % |
| Cenizas | 27.79 % |
| Magnesio (Mg) | 0.4 % |
| Hiero (Fe) | 210.90 ppm |
| Manganeso (Mn) | 77.3 ppm |
| Cobre (Cu) | 12.4 ppm |
| Boro (B) | 3.1 ppm |
| Ácido húmico | 2.7 % |
| Ácido fúlvico | 4.10 % |
| Bacterias | 2 x 10 UFC/g |

Tabla 3. Composición del humus de lombriz

Fuente: Vitorino, B. 1993. Laboratorio FAZ- UNSAAC, citado por (Tupayachi Huayhua 2021, p. 28)

# APLICACIÓN DEL HUMUS DE LOMBRIZ

El humus de lombriz puede ser utilizado directamente a la planta como abono o en mezcla con fertilizantes, sustratos, hormonas (Mozombite García 2012). La sobredosis no genera problemas de fitotoxicidad a las plantas (Pantoja Medina 2020).

Amacifuén Flores (2012) recomienda la incorporación de 4 t/ha durante la fase vegetativa de semilleros en tomate, Ramírez et al. (2004) citado por Luna Murillo et al. (2016) "sostienen que la fertilización nitrogenada a las dosis 100 y 150 kg/ha de N produce mayor tuberización y rendimiento en el cultivo de papa" ante ello recomienda el abonamiento con 0.7 t/ha de humus de lombriz, por su parte Lujan Meregildo (2018) recomienda la incorporación mayor a 3 t/ha para el cultivo de papa, Condori Vargas y Borda Jeri (2014) para la zona yunga recomiendan la dosis de entre 0.25 y 0.50 kg/planta en el cultivo de papa y Cutipa Chura (2007) recomienda la dosis de 1.750 t/ha.

| Cultivos | Aplicación |
|---|---|
| Praderas | 800 g/m$^2$ |
| Frutales | 2 Kg/árbol |
| Hortalizas | 1 Kg/m$^2$ |
| Césped | 0.5-1 Kg/m$^2$ |
| Ornamentales | 150 g/planta |
| Semilleros | 20% |
| Abonado de fondo | 160-200 L/m$^2$ |
| Trasplante | 0.5-2 Kg/árbol |
| Recuperación de terrenos | 2500-3000 L/ha |

Tabla 4. Dosis de aplicación de humus de lombriz según cultivos

Fuente: Barbado (2004)

# LA PAPA (Solanum tuberosum L)

## ORIGEN

Según Morales Garzón (2007) de acuerdo a los "últimos estudios moleculares sobre la taxonomía de la papa (*Solanum tuberosum*), el origen y domesticación de esta especie tuvo lugar en la sierra del Perú", posiblemente entre los departamentos de "Huánuco, Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Apurímac, Ayacucho, Cuzco y Puno". Pero la papa se cultivó por primera vez de manera intensa en la región del "Lago Titicaca" por la cultura Tiyawanaku, a partir de allí se propagó a las culturas de "Pucará y Wari", también en "Argentina y Chile", posteriormente el cultivo se expande "durante la creación del imperio Inca del Tawantinsuyo, el cual se extendió desde el sur de Colombia hasta la zona central de Chile", pero la papa ya se cultivaba en los andes de Colombia y Ecuador.

Rodríguez-Pérez (2010) manifiesta que la mayor "variabilidad genética" de la papa se encuentra entre Perú y Bolivia por el "Lago Titicaca" y es el soporte alimentario de los andes peruanos, desde allí, el cultivo de papa se extendió hacia Ecuador, Colombia y Chile, posteriormente se extendió a Europa en el año 1573, luego a Italia en 1596, Alemania e Inglaterra en 1601, la papa representa el cuarto lugar en el sistema alimentario mundial.

## TAXONOMÍA

Según Marquez-Vasallo, Salomón-Díaz y Acosta-Roca (2020) la papa (*Solanum tuberosum* L), es de la "familia *Solanaceae*", tiene características de ser una planta "herbácea, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa" de donde provienen los "tubérculos", la planta dependiendo de sus "variedades" puede tener crecimiento "erecto o semierecto", la papa presenta la clasificación taxonómica de la tabla 5

| | |
|---|---|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Asteridae |
| Familia | Solanaceae |
| Género | Solanum |
| Subgénero | Potatoe |
| Sección | Petota |
| Serie | Tuberosa |

Tabla 5. Clasificación taxonómica de la papa

Fuente: (Marquez-Vasallo, Salomón-Díaz y Acosta-Roca 2020, p. 3)

## ESPECIES DE PAPA CULTIVADA

Torres Guevara et al. (2019) citando a "Hawkes (1990) y Spooner et al. (2004) indica que existe alrededor de doscientas especies del género *Solanum* dentro de la sección Petota" y están distribuidas en los andes entre Perú, Bolivia y el norte de Argentina. Existen 7 especies de *Solanum tuberosum* L., domesticadas en la región del lago Titicaca y según "estudios recientes de genómica" se han identificado alrededor de 20 especies silvestres, entre ellos: "*S. candolleanum, S. medians y S. raphanifolium*, nativas de Perú, así como *S. brevicaule, S. leptophyes y S. microdontum* nativas de Bolivia y *S. berthaultii, S. chacoense, S. gourlayi, S. kurtzianum, S. microdontum, S. spegazzinii y S. vernei* de Argentina", en las variedades cultivadas de *S. tuberosum* según (Ministerio del ambiente-MINAM 2019) existen 8 especies.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diploides | 2n = 2x = 24 | *Solanum stenotomun*<br>*Solanum phureja*<br>*Solanum gonicalyx*<br>*Solanum x ajanhuiri* | |
| Triploides | 2n = 3x = 36 | *Solanum x juzepczukii*<br>*Solanum x chaucha* | |
| Tetraploides | 2n = 4x = 48 | *Solanum tuberosum:* | *ssp. tuberosa*<br>*ssp. andígena* |
| Pentaploides | 2n = 5x = 60 | *Solanum x curtilobum* | |

Tabla 6. Especies de papa cultivada

Fuente: (Ministerio del ambiente-MINAM 2019)

Según Soto et al. (2014) las especies de la tabla 6 originan las papas nativas amargas y no amargas y "el cruce de éstas origina a las variedades modernas".

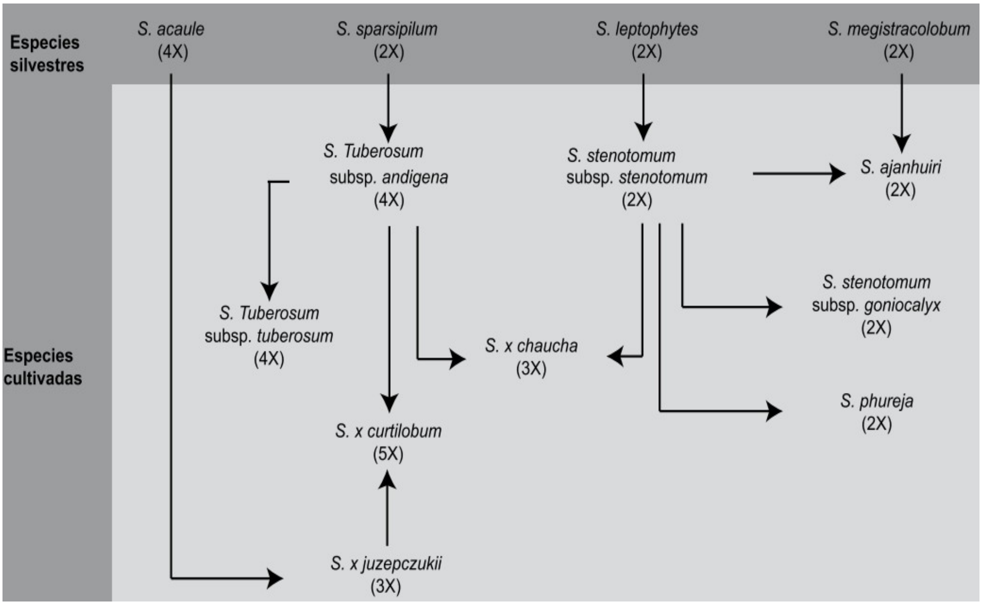



Figura 1. Diagrama de evolución de las especies de papa cultivadas, sus relaciones genéticas y sus posibles ancestros silvestres según Hawkes (1994)

Fuente: (Soto et al. 2014, p. 8)

## CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Livisi Calcina (2017) afirma que "la papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos posee un tallo principal, y a veces varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo". (p.19)

Según Egusquiza (2000) citado por (Livisi Calcina 2017) las partes principales de la planta de papa son: "el brote, el tallo, la raíz, las hojas, la flor, el fruto, la semilla, el estolón y el tubérculo". (p. 20)

Luna Murillo et al. (2016) y Soto et al. (2014) coinciden que la papa es de la familia de la "Solanáceas, es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, aunque puede ser considerada como perenne debido a su capacidad de reproducirse vegetativamente por medio de tubérculos". La parte comercial del cultivo constituye "los tubérculos, son tallos subterráneos acortados y engrosados con yemas que almacenan nutrientes", la papa es "pariente del tomate, ají, pimentón, berenjena, tabaco, petunia, mandrágora, belladona, por nombrar alguna de las más de 2000 especies presentes en esta familia. Actualmente, la *Solanum tuberosum*, es la especie más cultivada y consumida a nivel mundial", y según Vásquez A. et al. (2019) existen "ocho especies cultivadas" de las cuales en el mundo se cultivan la "subespecie *tuberosum*".

## MORFOLOGÍA

Díaz Chilcon (2018) citando a Pardave (2004) reporta la siguiente información sobre morfología de la papa:

“Tubérculo.- Son tallos subterráneos modificados provistos de yemas u ojos y en cada ojo existen normalmente tres yemas (…), los ojos del tubérculo morfológicamente corresponden a los nudos de los tallos, las cejas representan a las hojas y las yemas del ojo representan a las yemas axilares” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 24).

“Brotes.- Se originan de las yemas de los tubérculos y son de color blanco o coloreados, el extremo basal del brote forma la parte subterránea del tallo, después de la siembra esta parte produce rápidamente raíces y luego estolones, el extremo apical da origen al tallo y hojas” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 24)

“Estolones.- Son tallos laterales y crecen horizontalmente a partir de las yemas, estos se alargan con varios entrenudos y terminan en una hinchazón que es el futuro tubérculo. Sin embargo, no todos llegan a formar tubérculos, un estolón no cubierto en el suelo puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 24)

“Raíces.- Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo, las plantas nacidas de semilla, forman una delicada raíz principal con ramificaciones laterales. La planta originada de un tubérculo es un clon, no tiene raíz principal, forma raíces adventistas, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, ocasionalmente de los nudos de los estolones nacen grupos de 3 a 4 raíces adventistas” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 24)

“Tallos.- El sistema de tallos de la papa consta de tallos aéreos, estolones y tubérculos, la planta proveniente de semilla, tiene un solo tallo principal, mientras que las que provienen de tubérculos puede producir varios tallos principales. Las yemas que se forman en el tallo principal a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales secundarios, estolones e inflorescencia” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 24)

“Hojas.- Las hojas son alternas compuestas formadas por raquis, foliolos, pecíolo y peciolulo, cada raquis lleva varios pares de foliolos laterales primarios y un foliolo terminal, están provistas de pelos de diversos tipos que se encuentran también presentes en las demás partes aéreas de la planta” (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 25).

“Inflorescencia-flor.- Está dividida generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdividen en otras ramas, de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores son hermafroditas, el cáliz consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base, la corola tiene cinco pétalos fusionados en la base para formar un tubo corto, el androceo consta de cinco estambres y el gineceo tiene un solo pistilo” (Pardave, 2004)

(Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 25).

Fruto-Semilla: El fruto es una baya de forma redonda, alargada ovalada o cónica de color verde, este puede contener de ninguna a 300 o 400 semillas. Las semillas son amarillas o castaño-amarillentas, pequeñas ovaladas o uniformes (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 25).

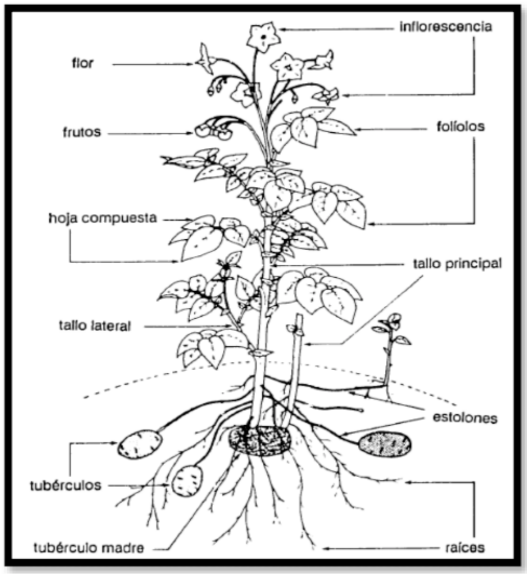



Figura 2. "Morfología de la planta"

Fuente: (Gutierrez 2016)

## CICLO VEGETATIVO DE CULTIVO DE PAPA

Salas (2005), citado por Livisi Calcina (2017) menciona que el "ciclo vegetativo del cultivo de la papa" varía entre 3 a 7 meses en función de la variedad, de acuerdo con ello las papas pueden clasificarse en "variedades precoces, semitardías y tardías", el ciclo vegetativo esta relacionado con el clima, manejo agronómico y factores productivos entre los que destaca el riego y fertilización.

Livisi Calcina (2017) citando a Egúsquiza (2000) reporta de manera resumida la descripción de las "fases fenológicas del cultivo de la papa":

> "Fase de emergencia: referida a la aparición de las primeras hojas sobre la superficie del suelo".
>
> "Fase de formación de estolones: empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral".
>
> "Fase de inicio de floración: durante esta fase aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha

finalizado su crecimiento y da inicio a la floración. En algunas variedades el inicio de la floración coincide con el inicio de la tuberización".

"Fase de plena floración: se inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florean".

"Fase de tuberización: esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón".

"Fase de maduración: se inicia cuando el follaje de la planta alcanza su máximo desarrollo. La planta está naturalmente madura cuando la mayor parte de las hojas muestran color amarillento, cuando ha perdido la totalidad de hojas o cuando no muestra follaje verde. La papa está madura cuando al ser presionada con la yema de los dedos no pierde su cáscara. La maduración podría estar asociada con el final de la floración". (p. 24)

Gutiérrez (2016) menciona que la fenología del cultivo de la papa inicia con el "brotamiento del tubérculo y finaliza con la madurez fisiológica del cultivo", indicador para la cosecha, durante el ciclo vegetativo la planta sufre cambios a nivel sus "órganos vegetativos y reproductivos referidos a la aparición, transformación y caída de estos".

# GRUPOS DE VARIEDADES DE PAPA

Torres Guevara et al. (2019) manifiesta que la papa está representado entre 3000 y 4000 variedades, las cuales fueron caracterizadas mediante descriptores morfológicos, las variedades comúnmente se identifican de manera práctica según su origen, color y forma de uso.

| Criterios | Grupos | Características |
|---|---|---|
| Por su origen | Nativas<br>Modernas | Harinosas, se consume cocidas<br>Menos harinosas, se consume cocidos o fritos |
| Por su color | Blancos<br>De color | Cáscara blanquecina, crema o cremosa<br>Cáscara color rojo, rojizo, morado o negro |
| Por su uso | Amargas Amarillas<br>Industriales | Para elaborar moraya o tuntaPara sopas, papillas o puré<br>Para hojuelas (chips), para fritos y otros |

Tabla 7. “Criterios de clasificación de los diferentes grupos de papa según sus características”.

Fuente: (Livisi Calcina 2017)

Las papas pueden ser clasificadas en modernas y nativas (Luna Murillo et al. 2016), las variedades modernas son caracterizadas por su potencial en rendimiento, en tanto que las papas nativas son caracterizadas por su resistencia a plagas e inclemencias del tiempo, según Eguzquiza (2000) citado por (Andrade S., Contreras M. y Castro U. 2008) las primeras variedades modernas fueron Renacimiento y Mantaro creadas en el año 1952 y a partir de dicho año se liberaron 56 variedades, muchos de las cuales ya no se siembran en la actualidad.

Según Egúsquiza (2000) “la variedad de papa, es una característica agrícola favorable, como capacidad de producción y susceptibilidad a algún tipo de factor desfavorable” (Soto et al. 2014).

Gutiérrez (2016) define como variedad al “conjunto de plantas idénticas en tamaño, color de flores, tallos y en la forma y color de sus tubérculos”, además las variedades son idénticas en cuanto a su ciclo vegetativo y resistencia a plagas y enfermedades.

En el Perú, existe la mayor diversidad de papas en el mundo, debido a su variedad de pisos ecológicos existentes, alberga a “ocho especies nativas domesticadas y mas de tres mil variedades, de las cinco mil existentes en Latinoamérica” (Andrade S., Contreras M. y Castro U. 2008)

Según el INIA (2012) citado en Benavides Rodriguez (2019) en el Perú, se produce papa en diecinueve departamentos de los veinticuatro existentes, evidenciando su gran poder de adaptación.

## PAPA VARIEDAD CANCHAN INIA

Luján Meregildo (2018) la variedad canchan también es conocida como la "Rosada por el color de su cáscara" esta variedad esta adaptada a la sierra y a la costa central del Perú es resistente a la rancha.

La papa Canchán proviene del "cruzamiento (BI-1)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Black (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y la variedad Libertas (*Solanum tuberosum)* y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andígena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la rancha" (Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 2012, p. 1)

Se adapta a altitudes comprendidas entre 2000 a 3500 msnm en la sierra del Perú, pero tambien es cultivado en la costa central entre los 1000 msnm con rendimientos entre 30 a 35 t/ha (Huamán Huamán et al. 2017).

INIA (2012) reporta las siguientes características:

| **Características agronómicas:** |
|---|
| Vigor de la planta: Bueno |
| Altura media: 90 cm |
| Número de tallos/planta: 4 – 6 |
| Color del tallo: Verde claro |
| Tamaño de hoja: Mediano |
| Color de hoja: Verde claro |
| Color de la flor: Lila; escasa floración |
| Bayas: Escasas |
| Raíz: Buen desarrollo, con estolones cortos |
| Período vegetativo: 120 días |
| **Características del tubérculo** |
| Forma del tubérculo: Redondo |
| Número de tubérculos/planta : 14 - 25 |
| Tamaño: Mediano a grande |
| Profundidad de ojos: Superficial |
| Color de piel: Rojo |
| Color de pulpa: Blanco |
| Contenido de materia seca: 25% |
| Peso específico: 1,1 |

Tabla 8. Características agronómicas de la planta y tubérculo del cultivo de papa

Fuente: (Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 2012, p. 1-2)

Las características mencionadas en la tabla 8, coinciden los reportados por Egúsquiza (2000) que fuera citado por (Huamán Huamán et al. 2017) al describir a la planta de "tamaño mediano, con flores de color violetas, de escasa producción de frutos, los tubérculos son redondeados de piel roja clara, ojos superficiales, pulpa blanca con brotes rojizos y de buena calidad comercial con periodo vegetativo corto entre 120 a 135 días".

La variedad Canchan INIA, tiene "resistencia horizontal o de campo a la rancha (*Phytopthora infestans*), con una infección foliar no mayor de 15%, variando este porcentaje de acuerdo a la presión de la enfermedad en la zona donde se esta cultivando, también muestra una susceptibilidad mediana a Rhizoctonia y Erwinia" (Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 2012).

El rendimiento nacional de la papa variedad Canchan INIA, es de 13.3 t/ha (Huamán Huamán et al. 2017), en condiciones experimentales llega entre 40 a 50 t/ha y 1.5 kg/planta y en condiciones de campo de agricultores se han llegado hasta 30 t/ha (Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 2012).

La papa Canchan fue lanzada como variedad comercial en 1990, actualmente tiene 31 años de vida útil en manos de los agricultores.

## FENOLOGÍA DE LA VARIEDAD CANCHAN

Tapia-Vasquez (2017) menciona que la fenología del cultivo "se determina mediante las fases sucesivas del desarrollo de una planta, desde el brotamiento del tubérculo, hasta la producción de nueva semilla". (p. 12)

Román y Hurtado (2002), Molina et al. (2006) fueron citados por Tapia- Vasquez (2017) y reportan que el "cultivo de papa presenta diversas fases o etapas":

a) "Dormancia o reposo de la semilla": periodo comprendido entre "la cosecha y la brotación. Para el tubérculo semilla esta etapa dura 2 a 3 meses, y para la semilla sexual, 4 a 6 meses".

b) "Brotación": Sucede cuando inicia la emergencia de las "yemas de los tubérculos; dura de 2 a 3 meses", la papa está lista para sembrarse cuando el tubérculo semilla presenta por los menos 3 brotes cortos y fuertes de 0.5 a 1 cm de longitud.

c) "Emergencia: Los brotes emergen a los 10 a 12 días en tubérculos, y de 8 a 10 días en semilla sexual" siempre en cuando el suelo, posee las condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

d) "Desarrollo de tallos": se visualiza el crecimiento del follaje y raíces de manera simultánea, este periodo tiene una duración de 20 a 30 días.

e) "Tuberización y floración": etapa que dura 30 días, en variedades precoces la tuberización se da inicio a los 30 días después de la siembra, en variedades intermedias entre 35 a 45 días y en variedades tardías entre los 50 a 60 días, la

floración es un indicador que la papa, ha iniciado el estolonamiento.

f) “Desarrollo de los tubérculos: Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días, en entradas precoces, 90 días para intermedias y más de 120 días para entradas tardías”.

El MINAGRI (2017) citado por (Díaz Chilcon 2018) describe 5 fases para la fenología del cultivo de papa:

a) Emergencia. Se da inicio a entre los 15 a 20 días después de la siembra, en esta etapa ocurre “la formación y crecimiento de raíces y tallos”.

b) Brote lateral. Inicia a los 25 a 35 días después de la siembra, el tallo principal se ramifica y dan lugar al follaje, las raíces crecen y dan lugar a rizomas que posteriormente engrosan para la formación de tubérculos.

c) Botón floral. Coincide con la emisión de estolones y la aparición de las primeras inflorescencias que se ven desde el tallo principal, el periodo dura entre 60 a 70 días.

d) Floración. Dura entre 80 a 95 días después de la siembra, en esta fase se abren las primeras flores.

e) Maduración. Se inicia entre los 100 a 120 días, comprende la maduración de bayas, caída de hojas, los tubérculos se maduran siendo un indicador que la “piel está bien adherida y no se desprende”.

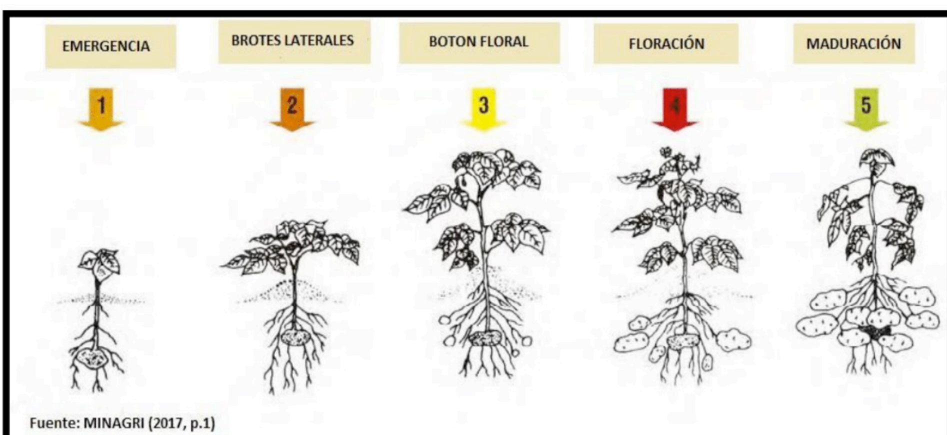



Figura 3. Ciclo vegetativo entre 120 – 135 días

Estacionalidad del rendimiento de la papa

Según MINAGRI (2020) “la estacionalidad del cultivo de papa está relacionada a los meses del año en que se efectúa la siembra” para el Perú la siembra es todo el año que es favorecido por la geografía y diversidad de pisos ecológicos. “Las zonas que se encuentran entre los 3,500 y 4,100 m.s.n.m. tienen cosechas en los meses de abril, mayo y junio.

En regiones con altitudes de 2,300 a 3,500 m.s.n.m. (piso ecológico quechua), cosechan desde marzo a junio. Por otra parte, las cosechas entre septiembre y agosto son típicas de zonas que están en los 500 a 2,300 m.s.n.m. Las zonas de menos de 500 m.s.n.m. hay cosechas de agosto a enero". (p. 84)

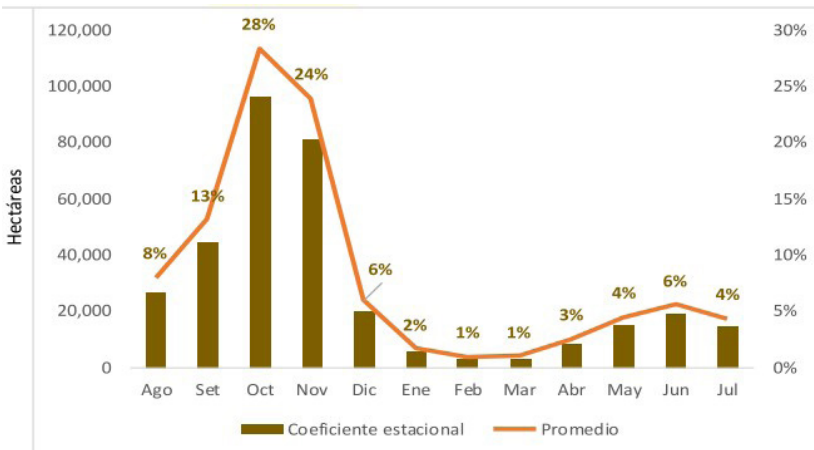



Figura 4. Estacionalidad de la superficie sembrada de papa en el Perú

Fuente: (MINAGRI 2020, p. 14)

La cosecha de la papa se concentra en un 77% entre los meses de enero a junio lo cual está condicionado a diferentes factores entre ellos el clima, la fertilización y el riego, manejo agronómico y las variedades cultivadas.

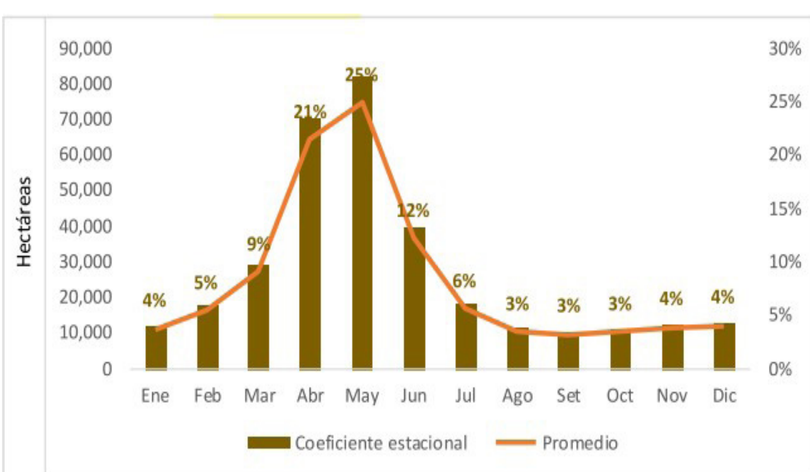



Figura 5. Estacionalidad de la superficie cosechada de papa en el Perú

Fuente: (MINAGRI 2020, p. 14)

En relación a la "estacionalidad de producción", en el Perú el "mayor volumen se da durante el primer semestre del año, concentrando el 72% de la producción total de papa, siendo el mes de mayo donde se obtiene mayor volumen de producción" (MINAGRI 2020, P. 15).

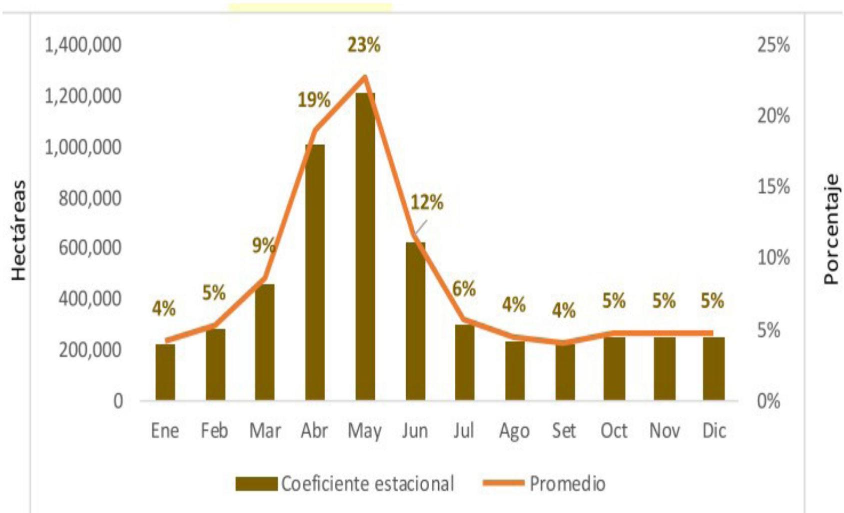



Figura 6. Estacionalidad de la producción de papa en el Perú

Fuente: (MINAGRI 2020, p. 15)

Cuando se evalúa la estacionalidad de la producción según regiones, se observa que Puno reúne el 94% de la producción entre los meses de marzo a mayo, Apurímac entre abril a agosto y Huánuco en dos campañas entre enero y febrero y setiembre a diciembre, finalmente en Junín y La Libertad concentra la mayor producción entre los meses de enero y junio (MINAGRI 2020)

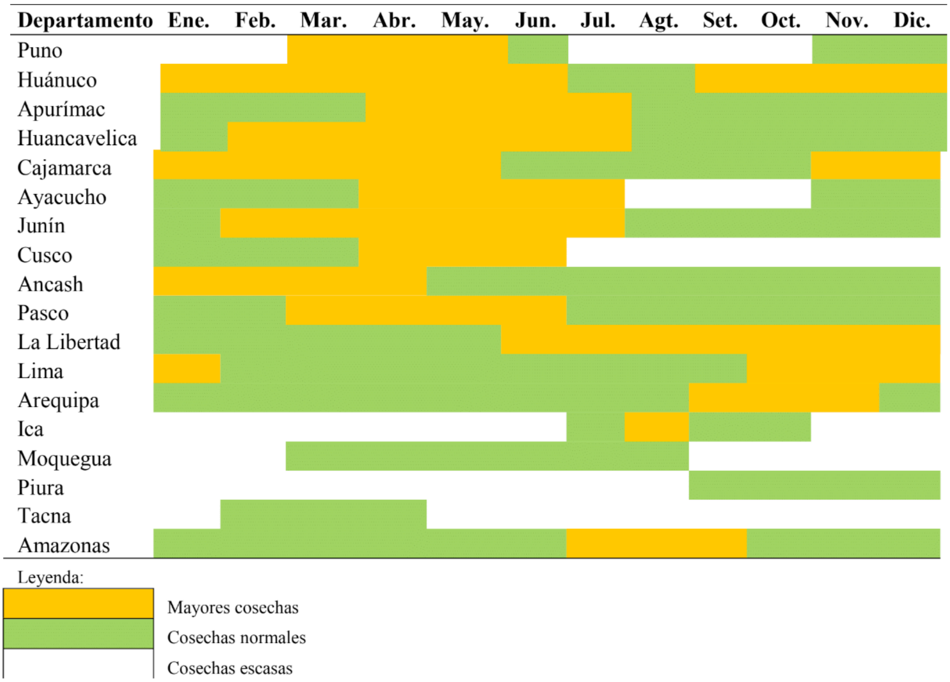



Tabla 9. Calendario de cosecha de papa según regiones del Perú

Fuente: (MINAGRI 2020)

Según señala MINAGRI (2020), “existe una marcada concentración en los meses de abril y mayo, periodo en el que se cosecha un poco más del 40% de la producción nacional. Esta producción; así como la de los meses previos corresponde a áreas cultivadas que se ubican a lo largo de toda la Sierra y corresponden a agricultura bajo secano; mientras tanto, la producción disminuye en el segundo semestre, debido a que esta corresponde principalmente, a los valles costeros de las regiones de Lima, Ica y Arequipa; así como también a los valles inter andinos de algunas partes de la Sierra”, en la figura 6, se observa que mas del 70% de la producción nacional se da en el primer semestre en contraste al segundo semestre que se produce cerca del 28% de la producción nacional.

# CULTIVO DE PAPA

La papa es un cultivo exigente de suelos francos, arenosos y ricos en materia orgánica, el piso ecológico mas favorables esta entre los 2400 a 3700 msnm (Suquilanda Valdivieso 2009), en cuanto a la temperatura, requiere entre los 6 °C a 14 °C (Otiniano 2017), sin embargo, el MINAGRI ([sin fecha]) menciona que la temperatura ideal para una mejor producción es entre 18 °C a 20 °C, las precipitaciones adecuadas para el cultivo de papa oscilan entre 700 mm a 1200 mm anuales (Otiniano 2017).

## REQUERIMIENTO CLIMA Y SUELOS

### Clima

### Temperatura:

Egúsquiza (2000) citado por (Martínez Reynoso 2009, p. 55) "menciona que para una adecuada producción de papa el clima debe ser frío. En la zona en la que desea sembrar papa debe existir por lo menos dos meses en los que las temperaturas promedio diarias deben ser menores de 25 °C".

Lima Atencio (2015) menciona que la papa requiere entre 15 a 20 °C para la formación de tubérculos y su correspondiente crecimiento, "la papa es considerada una planta termo periódica, lo que significa que es necesario una variación, entre la temperatura diurna y la nocturna, de por lo menos 10 °C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados" (p. 54).

Las temperaturas altas son ideales para el desarrollo del follaje pero inhiben la tuberización, la temperatura también tiene relación directa con la brotación de los tubérculos semillas, asimilación de nutrientes y evapotranspiración de la planta.

### Luz

Lima Atencio (2015) menciona que el cultivo de la papa tiene mejor respuesta en periodos entre 8 a 12 horas luz, la luminosidad juega un papel importante en la fisiología de la planta ya que, la luz con intervención del agua tiene fución con los cloroplastos captura el dióxido de carbono y libera oxígeno, elabora azúcares que finalmente son traslocados en los órganos de reserva (tubérculos), como refiere (Lifoncio Landeo 2013), el requerimiento de horas luz puede variar entre 12 a 16 horas de acuerdo a la especie cultivada, además el Ministerio del ambiente (MINAM 2019) señala que la luz interceptada depende de factores como follaje de la planta, edad de las hojas y área foliar.

La luz tambien influye sobre el crecimiento del follaje, en días largos se motiva al crecimiento vegetativo y los tallos tienen a elongarse mientras que en días cortos los tallos retrasan su crecimiento y se producen tallos cortos (Bustillos Siñani et al. 2018).

## Altitud

Sanabria (2019) menciona que la duración de las fases fenologícas del cultivo depende de los factores ambientales entre ellos la altitud que se relaciona con la temperatura y la precencia de precipitaciones, Egúsquiza (2008) citado por (Lima Atencio 2015) menciona que la papa prospera en las “zonas agroecológicas” siguientes:

| | |
|---|---|
| Costa o chala | : (0 a 500 m.s.n.m) |
| Yunga marítima | : (500 a 2300 m.s.n.m) |
| Fluvial | : (800 a 2300 m.s.n.m) |
| Quechua | : (2300 a 3500 m.s.n.m) |
| Suni o jalca | : (3500 a 400 msnm) |

Tabla 10. Zonas climatológicas según piso ecológico.

## Humedad

Lima Atencio (1015), Suquilanda Valdivieso (2009) y Sanabria (2019) coinciden que los requerimientos de humedad para la producción de papa son entre 70 a 90% de humedad relativa, la demanda de agua durante todo el ciclo vegetativo del cultivo es entre 800 a 1120 mm distribuidos adecuadamente, la mayor demanda de humedad se registra en la etapa de germinación y crecimiento de tubérculos, la presencia de precipitaciones debe ser moderadas entre 400 mm a 1200 mm por año.

El MINAGRI (2020) reporta que el “cultivo en un periodo de 120 a 150 días consume entre 500 a 700 mm de agua por planta por campaña” la reducción del 50% en la disponibilidad de agua reduce en mas del 50% la producción, por el contrario, un exceso de humedad inhibe el crecimiento de las raíces por la falta de oxígeno y la presencia de enfermedades foliares como la rancha y alternaria.

La presencia de la humedad durante la floración influye el peso de la materia seca del tubérculo (Muñoz y Cruz 1984)

## REQUERIMIENTO DE SUELO

La papa “se adapta a un rango muy amplio de variedad de suelos”, pero es preferible suelos ricos en materia orgánica, profundos a moderadamente profundos entre “francos y arenosos” con buen drenaje (Suquilanda Valdivieso 2009; Sanabria 2019; Otiniano 2017)

El suelo, para la instalación del cultivo de papa debe estar “bien preparado con profundidad adecuada y alto contenido de enmiendas orgánicas” con pH entre 5.5 – 6.4 (Muñoz y Cruz 1984; Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 2012).

## TUBÉRCULO SEMILLA

Son “pequeños tubérculos o fragmentos de éstos”, se depositan en el suelo a una profundidad entre 5 a 10 cm, la pureza varietal y condiciones de sanidad aseguran el 50% de la producción (Andrade S., Contreras M. y Castro U. 2008).

El tubérculo semilla, “debe estar libre de enfermedades, tener buenos brotes y pesar de 30 a 40 gr. El uso de semilla comercial de buena calidad puede aumentar la producción del 30 % al 50 %, en comparación con la semilla del agricultor, pero las ganancias previstas deben compensar el costo más elevado” (MINAGRI 2017).

Según Horton (1992) citado en (Cutipa Chura 2007) en paises desarrollados “la escasez y el costo alto de los tubérculos-semillas de buena calidad constituye una restricción seria a la producción de papa, su rendimiento se ve afectado por el número de tallos principales por hectárea, lo cual depende a su vez del número de brotes que se formen de los ojos de los tubérculos- semillas. El número de ojos en un tubérculo varía, dependiendo de la variedad, tamaño del tubérculo y de las condiciones ambientales”.

Según MINAGRI (2017) el índice por el uso de “semilla certificada” no supera 0.2%, por tanto, en un 99.8% de los casos, el cultivo de papa se instala con semilla propia de los agricultores proveniente de las campañas anteriores.

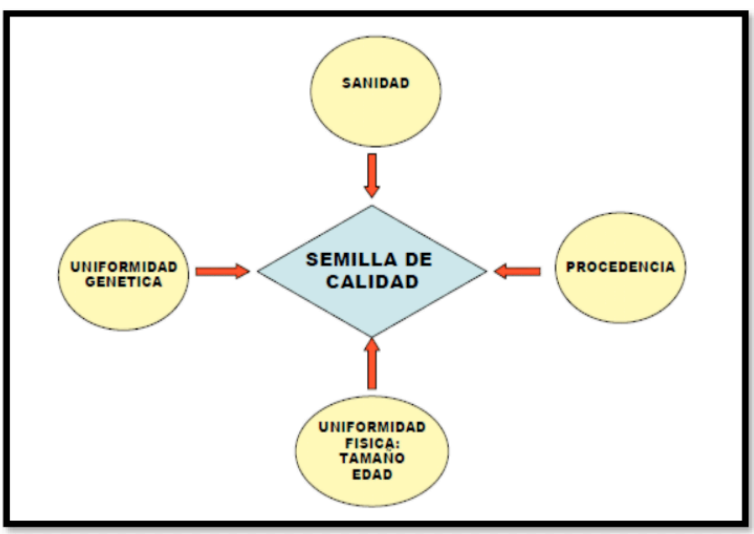



Figura 7. Condiciones que determinan la calidad de la semilla.

Fuente: Egúsquiza y otros (2011).

Para la producción de papa, se puede utilizar dos tipos de semilla: i) la semilla botánica proveniente de las bayas y ii) la semilla tubérculo, en el caso que la papa se instale con semilla asexual los tubérculos semillas deben cumplir las siguientes características:

- El peso debe de estar de 45 a 65 gr/tubérculo.
- El tamaño tiene que ser lo más uniforme posible.
- Los tubérculos deben de tener 3 a 5 mm de brotes y que sean bien turgentes.
- Tienen que estar verdeados en luz difusa.
- Utilizar semillas desinfectadas y con algún tipo de bioestimulantes reguladores de crecimiento.



Figura 8. Tubérculo semilla con brotes vigorosos de buena calidad.

Fuente: Orrego y otros (2011).

# ITINERARIO TECNOLÓGICO DEL CULTIVO

## PREPARACIÓN DE SUELO

Suquilanda Valdivieso (2009) menciona que la preparación del suelo para el cultivo de papa comprende las actividades de arada y rastra, drenajes y formación de surcos, en la actividad de arado se incluye la limpieza del terreno, la roturación se practica mediante el uso de tractor agrícola, yunta o chaquitaclla.

"La preparación del suelo debe efectuarse entre el tercer día de luna menguante y el tercer día de luna nueva (novilunio o noche oscura), para evitar la posterior presencia de plagas en el cultivo" (Suquilanda Valdivieso 2009, p. 84).

Según Muñoz y Cruz (1984) una buena preparación del suelo, brindará las siguientes condiciones favorables al cultivo:

a) Contar con suelos ligeros con buena ventilación de O2 y CO2

b) Humedad, para lograr la asimilación de los nutrientes logrando su rápido desarrollo fisiológico del cultivo.

c) Temperatura, que regula la emergencia del tubérculo semilla.

d) Contar con macro y micro nutrientes, las raíces de los tubérculos aprovechan en forma de iones.

La preparación del suelo influye en la calidad y rendimiento del cultivo (Cutipa Chura 2007), las actividades de desterronado favorecen la aireación y disponibilidad de nutrientes para la planta, también influirá en la retención de la humedad que en conjunto promoverá el desarrollo de los brotes laterales y las raíces.

## SIEMBRA

La siembra se realiza en "surcos distanciados a 0,9 m y entre plantas a 0,3 m" (INIA 2012), la siembra se realiza, generalmente con tubérculo semilla de 30 a 40 g. se introduce en los surcos a una profundidad entre 5 a 10 cm, luego se tapa con suelo suelto (Díaz Chilcon 2018), una buena siembra, produce brotación uniforme y en menor tiempo aproximadamente entre 15 a 30 días de instalado (Andrade S., Contreras M. y Castro U. 2008)

Durante la siembra, se recomienda incorporar abonos orgánicos y fertiliznates para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo respectivamente (Abreu et al. 2017).

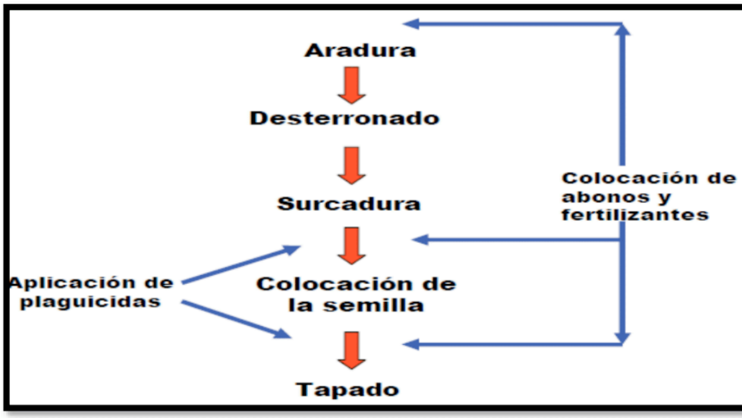



Figura 9. Secuencia de la siembra del cultivo de papa

Fuente: Egúsquiza (2012).

## DENSIDAD DE PLANTACIÓN

Suquilanda Valdivieso (2009) manifiesta que la distancia entre surcos re relaciona con la variedad, la pendiente del terreno y la finalidad del cultivo, normalmente las variedades nativas demandan mayor distancia entre surcos en comparación con las variedades mejoradas debido a su mayor radio de área foliar.

La producción de papa para consumo, requiere mayor distancia entre surcos, en comparación a la producción de semilla, del mismo modo, cuando la pendiente del terreno es pronunciada requiere de mayor distancia entre surcos que en terrenos planos, en las tablas 7 y 8 se muestran la densidad de plantas para una hectárea de terreno según los distanciamientos más frecuentes y el peso en semillas respectivamente

| **Distancia entre plantas (m)** | **Distancias entre surcos (m)** | | |
|---|---|---|---|
| | **1.00** | **1.20** | **1.40** |
| 0.30 | 33300 | 27639 | 23643 |
| 0.35 | 28500 | 23655 | 20235 |
| 0.40 | 25000 | 20750 | 17750 |

Tabla 11. Número de plantas/ha en el cultivo de papa, según distancias de planta y surco

Fuente: (Suquilanda Valdivieso 2009)

| Distancia entre plantas (m) | Distancias entre surcos (m) y peso en Kg/ha y qq/ha | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.00 | | 1.20 | | 1.40 | |
| | Kg/ha | qq/ha | Kg/ha | qq/ha | Kg/ha | qq/ha |
| 0.30 | 2000 | 44.00 | 1659 | 36.50 | 1418 | 31.20 |
| 0.35 | 1709 | 37.60 | 1418 | 31.20 | 1214 | 26.70 |
| 0.40 | 1500 | 33.00 | 1245 | 27.40 | 1064 | 23.40 |

Tabla 12. Peso se tubérculos semillas de 60 g. según las distancias mas frecuentes

Fuente: (Suquilanda Valdivieso 2009)

Tapia-Vasquez (2017) dice que para la obtención de campos semilleros, el distanciamiento recomendado es de 0.80 a 0.90 metros entre surcos y de 0.15 a 0.25 metros entre plantas, para la producción de campos comerciales la densidad recomendada es de 0.90 a 1.20 m entre surcos y 0.30 a 0.40 m. entre plantas según la variedad.

Para Inostroza (2009), citado por (Trujillo Saavedra 2017) la población apropiada de plantas, disminuyen la competencia por agua, nutrientes, luz y la presencia de plagas y enfermedades.

## ABONAMIENTO/FERTILIZACIÓN

INIA (2012) recomienda "la fórmula de abonamiento de 120 -120 -100 de N, P2O5, K2O, Suquilanda Valdivieso (2009) recomienda abonar con 8 a 12 t/ha de estiercol porveniente de ganado bovino, 6 t/ha si es con gallinaza, la incorporación debe realizarse al suelo dos meses antes de la siembra para ello el abono debe estar descompuesto, también se puede utilizar la dosis de 300 g/planta, Martínez Reynoso (2009) reporta que en los laymes de Compañía Labranaza y San Isidro en Ecuador utilizan entre 2 a 3 sacos de abono orgánico por cada 2 quintales de semilla de papa.

Los niveles de fertilización recomendados según el análisis del suelo se muestran en la tabla 13.

| Interpretación del análisis del suelo | Niveles de fertilización en Kg/ha | | |
|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Bajo | 200 | 300 | 150 |
| Medio | 150 | 150 | 100 |
| Alto | 50 | 80 | 40 |

Tabla 13. Recomendaciones de niveles de fertilización en el cultivo de papa

Fuente: (Muñoz y Cruz 1984)

La incorporación de abonos orgánicos descompuestos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favorece la retención del agua y la disponibilidad de nutrientes para la planta, mejora los rendimientos de la producción por unidad de superficie cultivada "y es una gran opción que permite cambiar los sistemas agrícolas para ser más sustentables desde una mirada productiva ecológica y social", la papa responde mejor a la aplicación de humus, puesto que se logra mayor cosecha de papa y de calidad (Trujillo Saavedra 2017; Ministerio de agricultura y riego - MINAGRI [sin fecha]; Otiniano 2017; Suquilanda Valdivieso 2009; Condori Vargas y Borda Jeri 2014).

Según Cutipa Chura (2007) la incorporación de materia orgánica al suelo es por las siguientes razones:

a) Agregar los nutrientes del suelo que se encuentran deficientes para las plantas.

b) Acrecentar las cualidades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

c) Aumentar la productividad del cultivo

d) Restablecer el micro y macro nutrientes que fueron absorbidos por cultivos de campañas anteriores.

## MANEJO DE MALEZAS

Tapia-Vasquez (2017) menciona que el control de maleza es permanente en el cultivo de papa, consiste en la eliminación de malezas de porte alto que compiten con la planta en nutrientes, agua y sol, se recomieda realizar evaluaciones cada 27 días después de la siembra.

Suquilanda Valdivieso (2009) recomienda realizas el desmalezado a partir "del tercer día de la luna menguante hasta el tercer día de la luna nueva" en éste periodo las malezas habran perdido sus reservas en las raices y al ser cortadas tardan en recuperarse, en climas templados se recomienda realizar dos deshierbas, una en luna creciente y la otra en luna menguante.

Martínez Reynoso (2009) y Jiménez-terry et al. (2013) recomiendan realizar el desmalezado a partir de los 50 días despues de la siembra, dicha labor puede ser mecanizada o manual.

Según Cárdenas (1986) Inostroza et al. (2017) la presencia de maleza "entre los 20 a 30 días después de la emergencia del cultivo de papa" pueden ocasionar los siguientes inconvenientes: i) disminución de la calidad de la producción; ii) depreciación de los suelos agrícolas; iii) aumento en los costos de producción y iv) las malezas son huéspedes de las enfermedades fungosas para el cultivo.

### Aporques

Luján Meregildo (2018) conceptua el aporque como el proceso de arrimar tierra

a la planta para “favorecer el desarrollo de los estolones que se producen en los tallos laterales”, Díaz Chilcon (2018) menciona que el aporque favorece el soporte de la planta, la aireación del suelo, eliminar malezas que compiten por nutrientes con la planta, mantener la humedad del suelo en condiciones favorables.

Existe un acuerdo común entre autores que el aporque se realiza dos veces durante el ciclo fenológico de la planta, el primer aporque se lleva a cabo entre los 60 a 80 días despues de la siembra, el segundo aporque coincide con el inicio de la floración aproximadamente a los 90 dds, según las variedades(Díaz Chilcon 2018; Morales Guevara et al. 2015; Andrade S., Contreras M. y Castro U. 2008; Ministerio del ambiente-MINAM 2019; Lifoncio Landeo 2013)

Cutipa Chura (2007) manifiesta que el cultivo de papa precisa de dos aporques, la primera se lleva a cabo cuando las plantas tiene entre 15 a 20 cm (aproximadamente entre 60 a 70 dds), el segundo aporque se realiza cuando la planta tiene 45 a 50 cm de altura (aproximadamente 20 a 25 después del primer aporque)

El aporque se realiza con la finalidad de evitar el acame de las plantas, esta labor se realiza a los 90 días después de la siembra (Martínez Reynoso 2009)

Egúsquiza et al. (2011) citado en (Luján Meregildo 2018) mencionan que los aporques son para lograr los siguientes resultados:

“Evitar daño de los tubérculos por gusaneras”

a) “Reducir el daño de la papa por (*Phytophthora infestans)* que se desplaza desde el área foliar”

b) “Cubrir la planta de la papa de las altas precipitaciones pluviales”

c) “Evitar daño de los tubérculos por pudriciones causadas por bacterias”

d) “Proteger con tierra los tubérculos para reducir el verdeado”

e) “Proteger con tierra la segunda mitad de la dosis de fertilización nitrogenada”

f) “Disminuir la cantidad de arvenses entro del cultivo”

g) “Prevenir el tendido o encame del follaje sobre el suelo”

h) “Incrementar la oxigenación de las raíces de los tubérculos”

i) “Acrecentar beneficios para el buen desarrollo del cultivo”

## RIEGOS

Según Suquilanda Valdivieso (2009) establecer riegos racionales al cultivo de papa trae beneficios en el aumento de la producción de tubérculos, normalmente en los andes se acostumbra realizar un riego pesado antes de la siembra para lograr la capacidad de campo del suelo y facilitar la siembra, posteriormente, se aplica el primer riego cuando las plantas han brotado aproximadamente entre 20 a 30 días después de la siembra, los

riegos sucesivos se deben realizar cada 12 a 15 días dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de la planta, esto se prolonga hasta la floración del cultivo y cuando la planta ha dejado de desarrollarse normalmente, después de la floración los riegos deben ser mas frecuentes entre 8 a 10 días ya que la planta inicia el proceso de tuberización y requiere para el llenado del tubérculo. A los 3000 msnm, la planta demanda entre 600 a 700 mm de agua en todo su ciclo vegetativo, es decir, demanda un gasto de agua entre 6000 a 7000 $m^3$/ha.

La falta de agua ejerce presión sobre los estomas que actúa como componente de ahorro de agua con consecuencias desfavorables entre ellos: disminución en la fotosíntesis, aumento de la temperatura interna de la planta, disminución de la entrada de CO2, acelera el proceso de "maduración precoz" de la planta que en conjunto impactan en la disminución del rendimiento (Inostroza et al. 2017)

El sistema de riego puede ser de dos maneras: i) por aspersión y ii) por gravedad, cuando se aplica por aspersión se debe realizar en horas de la mañana o por la tarde sin presencia del sol para evitar la presencia de hongos, cuando el riego es por gravedad se debe cuidar de no asfixiar a las plantas por exceso de humedad (Díaz Chilcon 2018).

## PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las plagas clave en el cultivo de papa se tiene: "Gusano blanco de la papa" (*Premnotrypes vorax*); "Polilla" (*Tecia solanivora*); "Pulgón" (*Myzus persicae y Macrosiphun euphorbiae*); "Pulguilla" (*Epitrix spp.*); "Trips" (*Frankliniella tuberosi*); "Mosca minadora" (*Liriomyza huidobrensis*); "Gusano tungurahua" (*Copitarsia sp.*) (Martínez Reynoso 2009, p. 49), el MINAGRI (2017) el Perú es el centro "de la presencia de plagas y enfermedades para el cultivo de la papa", la presencia e intesidad de daño varía de acuerdo a la zona agroecológica para la zona sur del Perú el gorgojo de los andes, la polilla de la papa y el nemátodo del quiste son de importancia económica, mientras que la presencia de enfermedades frecuentes son "la rancha, hongos de suelos y manchas foliares".

Martínez Reynoso (2009) citando a Oyarzún et al. (1998) reporta las siguientes enfermedades causadas por hongos: "Lancha tardía" (*Phytophthora infestans*); "Lancha temprana" (*Alternaria solani*); "Oidiosis, oidium o mildiu polvoso" (*Erysiphe chichoracearum*); "Roya" (*Puccinia pittieriana*); "Septoriosis" (*Septoria lycopersici*); "Moho gris" (*Botrytis cinerea*), las enfermedades causados por hongos son del suelos son: "Carbón" (*Thecaphora solani*); "Lanosa o torbo" (*Rosellinia sp.*); "Rhizoctoniasis o costra negra" (*Rhizoctonia solani kuhn*); "Pudrición seca" (*Fusarium solani*); "Marchitez" (*Fusarium spp.*); "Marchitez por verticillium" (*Verticillium dahlia, V. Albo-atrum*); "pudrición basal" (*Sclerotium rolfsii*); "Esclerotiniosis" (*Esclerotinia sclerotiorum*); "Roña o sarna polvorienta" (*Spongospora subterránea*); "Pudrición acuosa" (*Pythium* spp.).

MINAGRI (2017) reporta que las aplicaciones frecuentes y en dosis inadecuadas de agroquímicos para controlar las plagas y enfermedades, aumentan la resistencia de las plagas, por lo que, recomienda realizar "rotación de cultivos y el uso de semillas certificadas libres de patógenos"

## COSECHA

Se debe "cosechar a la madurez fisiológica del cultivo, el método de cosecha depende de la topografía del suelo, pudiendo ser manual, a tracción mecánica o animal" (INIA 2012, p. 2). Posteriormente o durante la cosecha debe realizarse la selección de los tubérculos de acuerdo a las exigencias del mercado (Otiniano 2017).

La cosecha para comercialización debe realizarse cuando el follaje de las plantas ha cambiado de coloración a verde amarillento, en esta etapa "los tubérculos se desprenden con facilidad de los estolones", si es para almacenar se deja en el suelo hasta que la piel tenga consistencia gruesa y no se desprende  (Rodríguez-Pérez 2010)

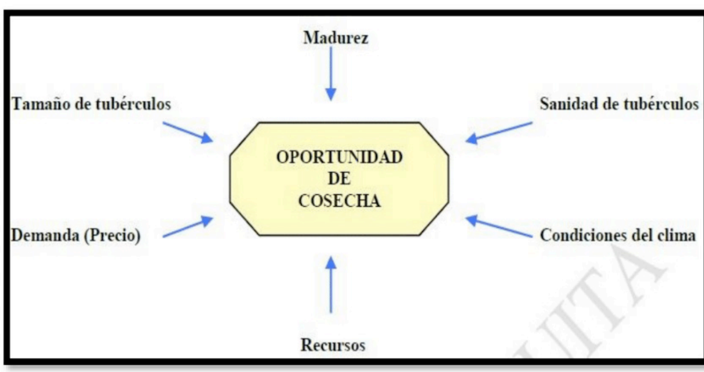



Figura 10. Factores que establecen la oportunidad de la cosecha

Fuente: Egúsquiza (2012).

## RENDIMIENTO

INIA (2012) reporta rendimientos de hasta "1.5 Kg/planta y de 40 a 50 t/ha en condiciones experimentales" en condiciones de campo se han obtenido rendimientos de hasta 30 t/ha, Lima Atencio (2015) reporta rendimientos de 12.525 t/ha para la región de Puno mientras que Cutipa Chura (2007) para la  misma región reporta rendimientos de 20 t/ha con abonamiento de humus de lombriz.Jiménez-Terry (2013) en condiciones experimentales obtuvo rendimientos de 23.8 t/ha con 100% de abonamiento con humus de lombriz, Luna Murillo et al. (2016) citando a Lima et al. (2000) menciona que para cada tonelada de aplicación de gallinaza los rendimientos de papa aumentan "en 1.468 t por

encima de las 40.752 t", autores como Ramírez Maldonado, Mejía Anaya y Fernández López (2017) obtienen rendimientos de 32.020 t/ha para la variedad perricholi, 27.979 t/ha para Kori INIA y 19.374 t/ha para la variedad Huayro, dichos rendimientos se obtuvieron con fertilización de 180-180-120 de NPK mas la incorporación de 3 t/ha de guano de corral de vacuno.

Como se puede observar en la revisión de literatura, los rendimientos de la producción de papa son variables y según los niveles de fertilización nitrogenada Inostroza et al. (2017) reporta la información de la tabla 14.

| **Fertilización** | | **Rendimiento t/ha** | |
|---|---|---|---|
| | **Total** | **Semilla** | **Comercial** |
| N 0 | 41.8 | 7.5 | 37.4 |
| N 100 | 48.7 | 31.0 | 42.9 |
| N 200 | 43.9 | 27.6 | 36.9 |

Tabla 14. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento total, comercial y de semilla de papa

Fuente: (Inostroza et al. 2017)

El MINAGRI (2020) reporta para el Perú los indicadores de rendimiento según la tabla 15.

| **Año** | **Superficie cosechada (miles. Ha)** | **Producción (miles de toneladas)** | **Rendimiento (t/ha)** |
|---|---|---|---|
| 2015 | 316.5 | 4715.9 | 14.899 |
| 2016 | 310.7 | 4514.2 | 14.529 |
| 2017 | 310.4 | 4776.3 | 15.388 |
| 2018 | 325.6 | 5131.5 | 15.761 |
| 2019 | 330.0 | 5331.1 | 16.156 |
| Tasa decrecimiento anual | 1.2% | 2.2% | 1.0% |

Tabla 15. Indicadores de rendimiento de papa en el periodo 2015 al 2019

Fuente: MINAGRI (2020)

Como se puede observar en la tabla 15. Los rendimientos del cultivo de papa distan mucho de los rendimientos obtenidos en los ensayos experimentales, lo cual demuestra la brecha existente en transferencia tecnológica, infraestructura productiva y manejo tecnológico en el cultivo de papa.

## MÉTODO DE ABONAMIENTO EN PAPA

### Acondicionamiento de los materiales, insumo y equipos

El humus de lombriz fue adquirido de la quinta agroecológica Llañucancha del distrito de Abancay, la semilla de papa fue adquirida de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación – INIA de Andahuaylas, Apurímac, los insumos y herramientas manuales para la conducción del cultivo fueron de origen local, los equipos utilizados fueron la balanza, vernier, flexómetro con los cuales se logró obtener la data, según los indicadores mostrados en la tabla 16.

### Diseño a aplicarse

El diseño de investigación correspondió al de post test con grupo control en un diseño de bloques completos al azar. Según Spiegel y Stephens (2017) el diseño correspondiente es el siguiente:

RUE1 X1 O1

RUE2 X2 O2

RUE3 --- O3

Dónde:

R: Asignación aleatoria, es decir que las unidades elementales serán asignadas de manera aleatoria a las unidades experimentales

UEi: Unidades experimentales Xi: Tratamiento

--- Ausencia de tratamiento

Oi: Una medición de las variables de respuesta (desarrollo vegetativo y rendimiento) de las unidades elementales después de la manipulación de las dosis de aplicación localizada de humus de lombriz (*Eisenia Foetida*).

El diseño experimental, se realizó en cuatro bloques y con tres tratamientos cada uno, por tanto, los factores fueron los siguientes:

T1: 2 $Kg/m^2$ de humus de lombriz al voleo

T2: 0.50 Kg/planta de humus de lombriz localizado

El modelo lineal del diseño experimental fue:

$$Yijk = \mu + \tau i + \beta j + eijk$$

Yijk = Es el k eximo elemento perteneciente al j eximo tratamiento al i eximo bloque.

$\mu$ = es la media general

τi = es el efecto debido al i-écimo tratamiento βj = es el efecto debido al j-écimo bloque.

eijk = error experimental del i-écimo tratamiento en el j-écimo bloque

Para el procesamiento de datos, se calculó previamente los promedios de cada uno de las variables según la tabla 16, y se realizó el arreglo común siguiente:

| Bloques | Tratamientos | | | Promedios |
|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | |
| I | Y11 | Y21 | Y31 | Y.1 |
| II | Y12 | Y22 | Y32 | Y.2 |
| III | Y13 | Y32 | Y33 | Y.3 |
| IV | Y14 | Y42 | Y43 | Y.4 |
| Promedios | Y1. | Y2. | Y3. | Y.. |

Tabla 16. Arreglo común de datos de un DCBA

Características de las unidades experimentales

| | |
|---|---|
| Numero de Bloques: | 4 |
| Nº de Tratamientos / bloque: | 3 |
| Largo de U.E: | 4.20 m. |
| Ancho de U.E: | 3.60 m |
| Área total de U.E: | 15.12 $m^2$ |
| Longitud de bloque: | 10.80 m |
| Ancho de bloque: | 4.20 m |
| Área por bloque: | 45.36$m^2$ |
| Área total bloques (4): | 482.76 $m^2$ |
| Total unidades elementales: | 576 |

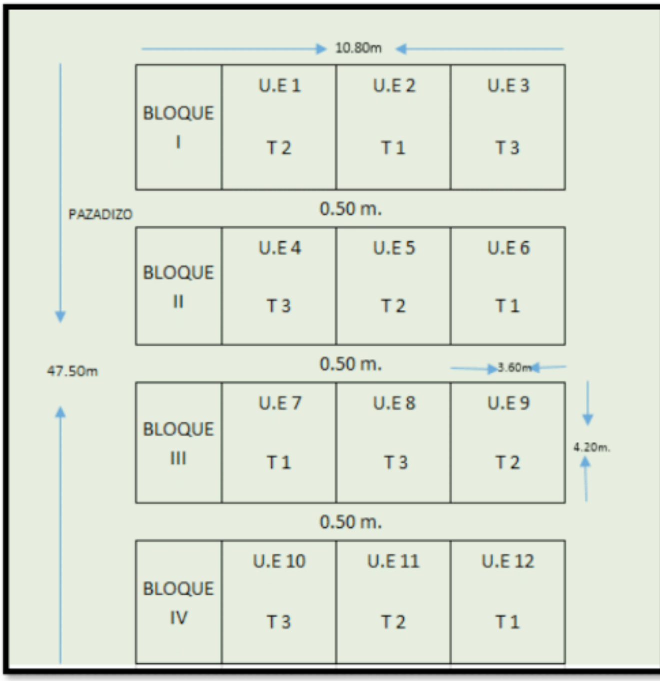



Figura 11. Croquis del diseño experimental

## Muestra

Se realizó la evaluación de las variables, en los surcos centrales de cada unidad experimental tomando al azar 20 plantas de papa. Constituida por 240 plantas de papa de la variedad Canchan INIA

## Tamaño y cálculo de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra fue por el método probabilístico con la fórmula para población finita a un nivel de 95 % de probabilidades y 5 % de error, para minimizar el error tipo I y II se asumió p = q = 0.5

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e^2 + z^2 * p * q}$$

Dónde:

Z: nivel de confianza para el 95 % de probabilidades es 1.96

p=q: variabilidad positiva y negativa para optimizar los errores tipo I y II e igual al 50 %. N: población en estudio 576 plantas de papa Canchan INIA.

e: error igual al 5 %

Reemplazando los valores se determina 240 unidades elementales (plantas de papa canchan INIA).

## Muestreo

Se utilizó el método probabilístico del Muestreo al Alzar Simple (MAS), muestreando 20 plantas en los surcos centrales de cada unidad experimental.

## Procedimiento

### *Etapa I. Preparación de terreno*

La preparación del terreno se realizó de manera manual mediante las siguientes actividades:

#### *a) Limpieza del terreno*

Consistió en retirar rastrojos, piedras y restos de la cosecha anterior (cultivo de maíz), posteriormente se removió el suelo con el uso de Chakitaqlla, se realizó el desterroneo y nivelado con pico y rastrillo.

#### *b) Muestreo de suelos*

Se tomó seis puntos en zigzag, luego se realizó el corte en forma de "V" a una profundidad de 30 cm, luego se procedió a extraer una tajada entre dos a tres centímetros desde la superficie hasta el fondo del suelo, después de mezclar las muestras de los seis puntos se extrajo una muestra de un kilo, el cual se encargó el análisis al laboratorio de análisis químico, físico de suelos, aguas y plantas (fig. 12)



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO Nº 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO

INFORME DE ANALISIS

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD – FISICO – MECANICO.

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : SECTOR, LISTANA, CHUQUIBAMBILLA, GRAU – APURIMAC.

INSTITUCION SOLICITANTE : ANALI GUILLEN ZEVALLOS.

ANALISIS DE FERTILIDAD:

| Nº | CLAVE | mmhos/cm. C.E. | pH | % $CaCO_3$ | % M.ORG. | % N.TOTAL | ppm $P_2O_5$ | ppm $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | LISTANA | 0.10 | 6.80 | -.- | 3.16 | 0.16 | 98.3 | 557 |

ANALISIS CARACTERIZACION:

| Nº | CLAVE | meq/100 C.I.C. | % ARENA | % LIMO | % ARCILLA | CLASE-TEXTURAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | LISTANA | -.- | 53 | 26 | 21 | FRAN-ARCILLO-ARENOSO |

CUSCO, 15 DE ENERO DEL 2,021.

ING. AGRO. Marco Antonio Yapura Cayo
CIP - 217601
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES

FAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

Figura 12. Reporte de análisis de fertilidad y caracterización del suelo

Fuente: Laboratorio de análisis químico, físico de suelos, aguas y plantas (2021)

### *c) Riego*

Se realizó mínimamente tres días antes de la preparación del terreno (17/01/2021) con el propósito de brindar buena aireación, y conseguir la capacidad de campo del suelo para un brotamiento uniforme de la semilla tubérculo.

### *d) Arada, rastrada y surcado*

Se realizó con tracción animal (yunta de bueyes) apoyado con herramientas manuales (picos y lampas) la actividad se realizó a una profundidad de 20 cm y concluyó con el surcado de las parcelas experimentales a un distanciamiento de 0.9 m entre surcos (18/01/2021)Trazado de bloques y parcelas experimentales

Labor que se realizó una vez surcado la parcela, el trazado consistió en distribuir el área experimental en sub parcelas (unidades experimentales) de igual tamaño (45.36 $m^2$/UE) en esta etapa se utilizaron herramientas manuales e insumos como: wincha de 50

metros, estacas, cordeles y yeso (10/01/2021).

### *Etapa II. Siembra y labores culturales*

#### *a) Siembra*

Fue manual, se colocó el tubérculo semilla a 15 cm en el fondo del surco, luego se realizó el tapado con tierra, el distanciamiento entre semillas fue de 0.3 m y entre surco de 0.90 m.

#### *b) Abonamiento / Fertilización*

Se realizó juntamente con la siembra, en las unidades experimentales para el tratamiento T1 (2 Kg/$m^2$ de humus de lombriz al voleo) se incorporó 90.72 kg de humus de lombriz por unidad experimental y para el tratamiento T2 (0.5 Kg/planta de humus de lombriz localizado) se incorporó el humus de lombriz depositando en el fondo del surco, sobre el cual se colocó las semillas, para el tratamiento T3 (testigo) no se incorporó ningún abonamiento.

1er. Aporque

Se realizó cuando las plantas alcanzaron un tamaño promedio 0.15 m, consistió en formar camellones arrumando tierra hacia el tallo de la planta con la finalidad de favorecer el crecimiento radicular y el crecimiento de la planta, esta actividad fue realizada a los 55 días después de la siembra.

2do. Aporque

Consistió en arrumar suelo a la planta para favorecer el desarrollo de los estolones, esta labor se realizó a los 90 días después de la siembra (20/04/2021) cuando las plantas tenían una altura de 30 cm.

#### *c) Control de malezas*

Fue realizado dos veces durante el experimento los cuales fueron conjuntamente con el primer y segundo aporque.

#### *d) Frecuencia de Riegos*

Debido a la presencia de lluvias en la zona de la investigación no se aplicaron riegos al cultivo durante su periodo vegetativo.

#### *e) Control de plagas y enfermedades*

No se realizaron controles para plagas o enfermedades debido a que en el campo experimental en la campaña anterior se cultivó el maíz y en la zona de investigación no se cultivó papa, sin embargo, se observó la presencia de plagas como mosca minadora y

epitrix pero su daño no ocasionó daños al follaje de la planta.

### *f) Cosecha*

Se realizó de forma manual cuando el follaje de la planta ha terminado el "amarillamiento" los tubérculos han alcanzado su madurez (la piel está bien adherida al tubérculo), la cosecha se realizó a los 129 días después de la siembra.

### *e) Materiales de investigación De Campo*

- Terreno agrícola
- Estacas
- Cordeles (piolas)
- Yeso
- Palas
- Picos
- Lampas
- Fumigadoras (15 Lt)
- Sacos
- Mantillas
- Humus de lombriz
- Balanza manual

### *Biológico*

Humus de lombriz
Tubérculos (semilla de papa Vr. Canchan INIA)

### *De Oficina*

- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Lápiz, lapicero
- Borradores
- CDs
- Marcadores
- Etiquetas
- Computador
- Impresora
- Papel Bond A4
- Memoria de almacenamiento
- Calculadora
- Cámara fotográfica (digital)
- Regla milimetrada (Bernier)

### *f) Evaluaciones*

Fue permanente desde la siembra hasta la cosecha, los indicadores propuestos en la tabla 17.

### Emergencia

Se evaluó a partir de los 15 hasta los 30 días después de la siembra, en este periodo se ha observado que mas del 70% de las plantas han brotado, los datos se registraron en las fichas elaboradas previamente contando el número de plántulas sobre la superficie respecto del número de tubérculos instalados en cada bloque.

### Altura de planta

Se midió con una wincha de 3 m, desde la unión del tallo con el camellón del suelo hasta el ápice de la planta, las mediciones fueron realizas en las plantas de los surcos centrales a los 30, 60 y 90 días después de la siembra. Los datos fueron promediados y registrados en las fichas elaboradas previamente.

### Número de tallos

Las evaluaciones se llevaron a cabo conjuntamente con la altura de planta (30, 60 y 90 dds) consistió en contar la cantidad de tallos principales brotados por cada tubérculo semilla.

### Brotes laterales

Se evaluaron a los 35 días, se contabilizó y se registró el número de brotes del tallo principal.

### Cantidad de tubérculos por planta

Se realizó en la cosecha tomando las plantas de los surcos centrales, se utilizó la técnica de la observación y conteo a los 129 dds.

### Peso de tubérculo por planta

Se realizó durante la cosecha (129 dds), el método fue la observación y medición, el instrumento utilizado fue la balanza de precisión, los datos fueron registrado como el promedio de las mediciones por unidad experimental en las fichas elaboradas previamente.

### Rendimiento

Fue obtenido por calculo considerando el peso de tubérculos por planta y el área instalada, el cual fue homogenizada para una hectárea de terreno, sus valores fueron expresados en fichas elaboradas previamente.

### Peso por tubérculo

Se calculó el promedio del peso del tubérculo por planta sobre el número de

tubérculos por planta, registrando su valor en las fichas correspondientes.

### Número de tubérculos

Se realizó durante la cosecha (129 dds), el método fue la observación y conteo, los datos fueron registrados como el promedio de las mediciones por unidad experimental en las fichas elaboradas previamente.

### Diámetro de tubérculo.

Fue evaluado durante la cosecha, para ello se utilizó el vernier, registrando los datos como el promedio de las mediciones por unidad experimental.

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN LOCALIZADA CON HUMUS DE LOMBRIZ EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE PAPA

El crecimiento vegetativo del cultivo de papa fue determinado mediante el porcentaje de emergencia, número de brotes laterales, altura de planta y número de tallos, los resultados después de procesar los datos se describen a continuación.

| Trata miento s | % de emergencia | | % de plantas con brotes laterales | |
|---|---|---|---|---|
| | Promedio | Desviación estándar | Promedio | Desviación estándar |
| T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo | 87.500 | 10.408 | 90.000 | 10.801 |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz localizada | 91.250 | 4.787 | 95.000 | 4.082 |
| T3. Testigo | 83.750 | 6.292 | 86.250 | 6.292 |

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa

Según la tabla 17 y gráfico 13, se puede observar que el mayor porcentaje de emergencia se logró con la aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2 aplicación localizada), con un valor de 91.250%, luego el tratamiento T1 con 2 Kg/m$^2$ de humus de lombriz (T1 aplicación al voleo) con 87.500% dichos porcentajes de emergencia son mayores comparado con el tratamiento testigo (T3. Sin aplicación de humus de lombriz) que alcanzó el 83.750% de emergencia en el cultivo de papa, también se pude indicar que la mayor homogeneidad en la emergencia fue para el tratamiento T2 con (± 4.787%) y el que logró mayor dispersión fue el tratamiento T3 (±10.480%).

La aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada mostró mayor porcentaje de brotes laterales con un 95% y una dispersión de ± 4.082% lo que indicaría que induce a mayor brotación y mas homogénea en comparación con el tratamiento T1 (2 Kg/m$^2$ de humus de lombriz al voleo) que alcanzó 90% de brotes laterales con una dispersión de ±10.801%, a su vez, este tratamiento sería mejor que el testigo que obtuvo 86.250% de brotes laterales con una dispersión de ± 6.292%.

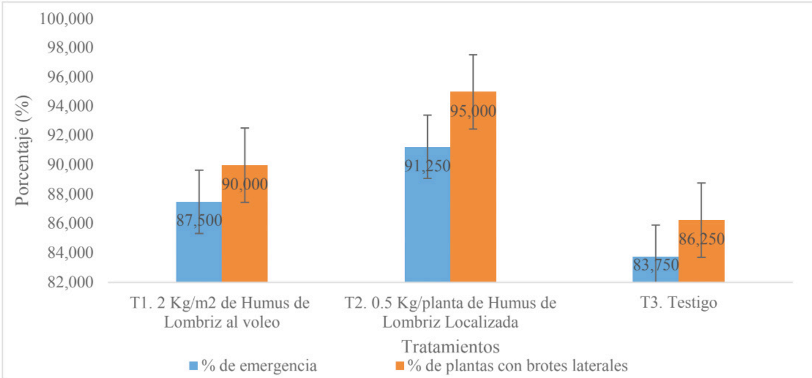



Figura 13. Histograma de frecuencias de la emergencia y el porcentaje de brotes laterales en el cultivo de papa

La altura de planta fue evaluada entre momentos durante el periodo vegetativo del cultivo de papa, se tomó la distancia desde la unión del tallo con el camellón hasta el ápice de la planta, los resultados se muestran en la tabla 18 y gráfico 14.

| **Tratamientos** | **Altura de planta (cm)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **30 días** | | **60 días** | | **90 días** | |
| | **Promedio** | **Desviación estándar** | **Promedio** | **Desviación estándar** | **Promedio** | **Desviación estándar** |
| T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo | 5.923 | 1.751 | 27.413 | 2.463 | 36.623 | 6.824 |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 6.993 | 1.240 | 31.878 | 3.246 | 42.628 | 6.705 |
| T3. Testigo | 5.953 | 0.840 | 27.630 | 2.358 | 32.758 | 7.230 |

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días según tratamientos

Según la tabla 18, la mayor altura de planta se obtiene al aplicar 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada (T2) el cual se mantiene también para los 60 y 90 días con valores de 6.993 cm, 31.878 cm y 42.628 cm respectivamente, además dichas alturas son más homogéneas que varían desde ±1.240 cm a ±6.705 cm, la aplicación de humus de lombriz a razón de 2 Kg/m² al voleo (T1), inducen similar crecimiento de plantas que el tratamiento testigo (T3) hasta los 60 días después de la siembra (Fig. 14), a partir del cual se diferencia siendo el tratamiento T1, que logra mayor altura de plantas (36.623 cm) comparado con el testigo (T3) cuyo valor alcanza a 32.758 cm a los 90 días después de la siembra.

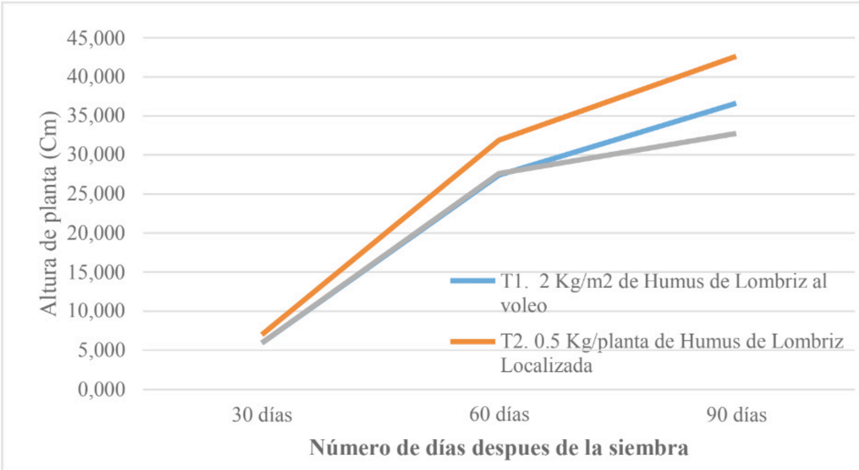



Figura 14. Perfil histograma de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días

Respecto al número de tallos, se observa en la tabla 19 y figura 15, que la aplicación de 0.5 Kg/m² de humus de lombriz de manera localizada se diferencia con mayor número de tallos promedio incrementándose desde 1.950 a los 30 días a 3. 775 a los 60 días y 3. 750 a los 90 días después de la siembra.

| Tratamientos | Número de tallos por planta | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 días | | 60 días | | 90 días | |
| | Promedio viación | Des estándar | Promedio | Desviación estándar | Promedio iación | Desv estándar |
| T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo | 1.788 | 0.352 | 3.000 | 0.000 | 3.000 | 0.000 |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 1.950 | 0.235 | 3.775 | 0.450 | 3.750 | 0.500 |
| T3. Testigo | 2.748 | 2.099 | 2.975 | 0.050 | 3.000 | 0.000 |

Tabla 19. Estadísticos descriptivos del número de tallos por planta a los 30, 60 y 90 días

La aplicación del humus de lombriz a razón de 2 Kg/m² al voleo (T1) induce a semejante cantidad de tallos que el tratamiento testigo (T3) a los 60 y 90 días después de la siembra (Fig. 15), a su vez que su comportamiento es más homogéneo al juzgar por las desviaciones estándar que van desde 0.00 desviaciones estándar hasta ±0.352 desviaciones estándar en el tratamiento T1 y desde 0.00 hasta 2.099 desviaciones estándar en el tratamiento T3.

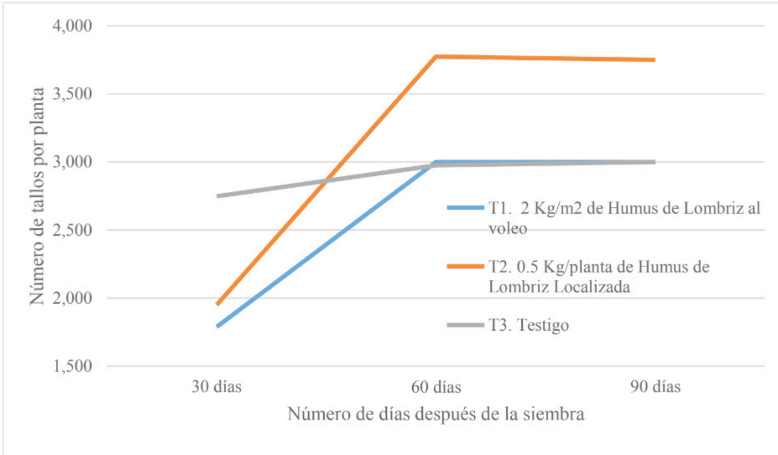



Figura 15. Perfil histograma del número de tallos a los 30, 60 y 90 días

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN LOCALIZADA CON HUMUS DE LOMBRIZ EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

El rendimiento del cultivo de papa está representado por el peso del tubérculo por planta, diámetro del tubérculo, número de tubérculos por planta, rendimiento estimando y peso de tubérculo estimado, los resultados según los tratamientos evaluados se muestran en la tabla 20 y figura 16.

| Tratamientos | Peso de tubérculos por planta (g.) | | Diámetro de tubérculo (mm) | | Número de tubérculos por planta | | Rendimiento estimado (t/ha) | | Peso de tubérculo estimado (g.) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{X}$ | σ | $\bar{X}$ | σ | $\bar{X}$ | σ | $\bar{X}$ | σ | $\bar{X}$ | σ |
| T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo | 478.198 | 127.120 | 36.993 | 2.854 | 9.588 | 1.132 | 17.710 | 4.710 | 49.248 | 8.157 |
| T2. 0.5 Kg/ planta de Humus de Lombriz Localizada | 868.138 | 87.574 | 42.718 | 1.601 | 13.963 | 1.534 | 32.153 | 3.242 | 62.660 | 8.595 |
| T3. Testigo | 351.043 | 44.361 | 36.580 | 3.082 | 7.625 | 1.321 | 13.005 | 1.643 | 46.750 | 7.764 |

Tabla 20. Estadísticos descriptivos de los parámetros de rendimiento

## PESO DEL TUBÉRCULO

El mayor peso del tubérculo fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/ planta de humus de lombriz (T2) alcanzando pesos promedios de 868.138 g/planta y en orden decreciente se tiene al tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/m² de humus de lombriz que logró un promedio de 478.198 g/planta dichos tratamientos se diferencian respecto del peso promedio alcanzado por el tratamiento testigo (T3) cuyo peso fue de 351.043 g/planta.

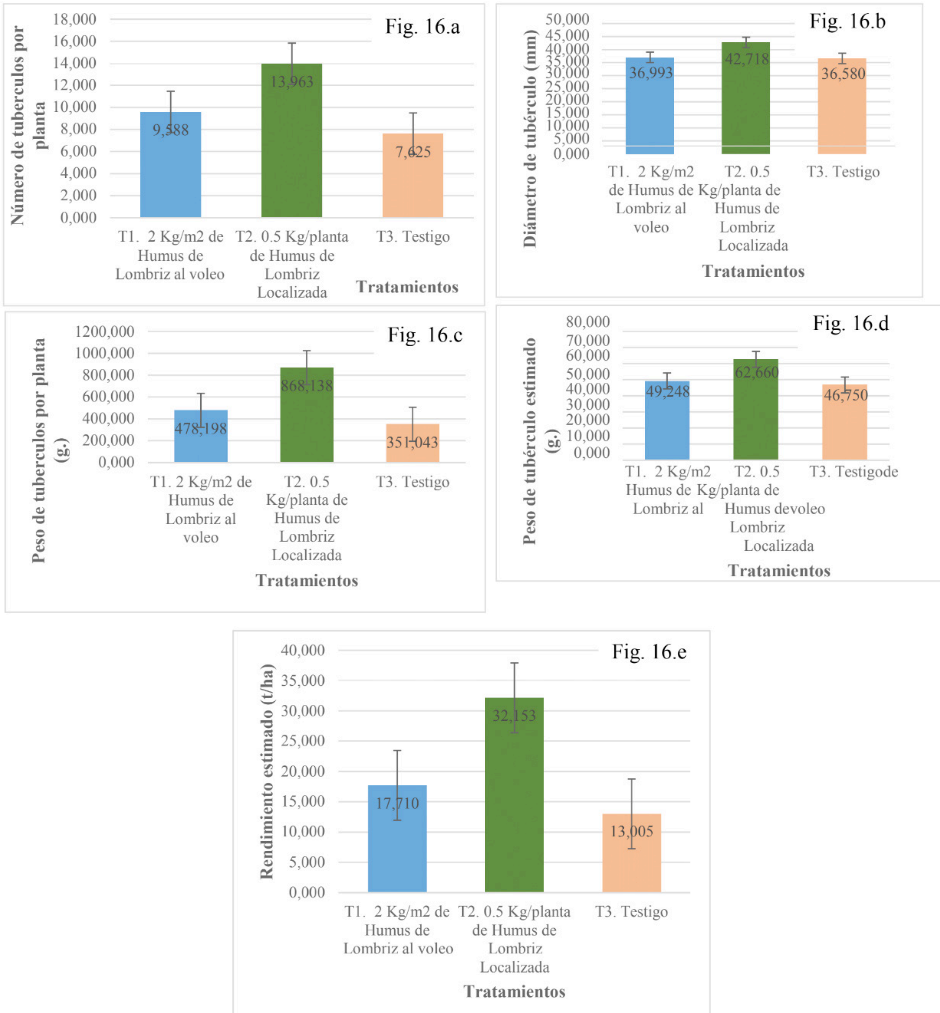



Figura 16. Histograma de frecuencias de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa

## DIÁMETRO DE TUBÉRCULO

Según la tabla 20 y figura 16.b) el mayor diámetro del tubérculo fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) alcanzando promedios de diámetros de 42.718 mm a su vez que dichos diámetros son más homogéneos con valores de ±1.601 mm, luego en orden decreciente sigue el tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/$m^2$ de humus de lombriz que logró un diámetro de tubérculo promedio de 36.993 mm, (± 2.854 mm) el comportamiento de dichos tratamientos son más homogéneos respecto del diámetro promedio alcanzado por el tratamiento testigo (T3) cuyo valor fue de 36.580 mm variando entre ± 3.082 mm. Conforme se puede observar en la fig. 16.b) los tratamientos T3 y T1 no alcanzan a diferenciarse significativamente.

## NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Según la tabla 20 y figura 16.a) el mayor número de tubérculos por planta fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) alcanzando promedias de 13.963 tubérculos/planta, dichos promedios varían entre ±1.534 tubérculos/ planta, después en orden decreciente sigue el tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/m$^2$ de humus de lombriz que logró promedios de 9.588 tubérculos/planta con una dispersión de ±1.132 tubérculos/planta, finalmente el tratamiento T3 (testigo) logró alcanza en promedio 7.625 tubérculos/planta con una dispersión de ±1.321 tubérculos/planta.

## RENDIMIENTO ESTIMADO

Fue calculado por el producto de la variable peso promedio de tubérculos por planta y el número de plantas, el cual fue homogenizada para una hectárea y expresando su valor en t/ha, según la tabla 20 y figura 16.e) se tiene que, el mayor rendimiento fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2), que alcanzo un promedio de 32.153 t/ha con una variación de ±3.242 t/ha, en segundo lugar ocupa el tratamiento T1 que alcanzó un rendimiento promedio de 17.710 t/ha y una dispersión de ±4.710 t/ha finalmente con el tratamiento testigo se logró un rendimiento promedio de 13.005 t/ha con una variabilidad de ±1.643 t/ha, se puede mencionar el rendimiento más homogéneo es para el tratamiento T3.

## PESO DE TUBÉRCULOS ESTIMADO

Fue calculado por el cociente del peso del tubérculo por planta sobre el número de tubérculos por planta, expresando su valor en g/tubérculo, según la tabla 20 y figura 16.d) se tiene que, el mayor peso de tubérculo obtenido fue con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2), que alcanzo un promedio de 62.660 g, con una variación de ±8.595 g, luego en orden decreciente se tiene al tratamiento T1 (aplicación al voleo de 2 Kg/m$^2$ de humus de lombriz) con un promedio de 49.248 g y una dispersión de ±8.157 g, finalmente con el tratamiento testigo se logró un peso promedio de 46.750 g y una variabilidad de ±7.764 g, como se observa en la figura 16.d) no existe diferencia apreciable entre los resultados de los tratamientos T1 y T3.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa

Para determinar si existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados sobre las variables de crecimiento vegetativo se realizó la prueba de análisis de varianza con el nivel de confianza de 5%, para ello se ha planteado las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existe efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables de respuesta evaluadas

H1: Existe efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables de respuesta evaluadas

Se tomo el valor de alfa (α=0.05) por tanto el criterio para rechazar la hipótesis nula (Ho) fue cuando el valor de la significancia es menor que 0.05 (Sig < 0.05).

Luego para identificar el mejor tratamiento, se realizó la comparación múltiple de los promedios mediante el método de Tukey también a un nivel de confianza de 5% los resultados de la prueba se muestran en las tablas siguientes:

| Variable | Origen | Tipo III de suma de cuadrados | Gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Emergencia | Modelo | 92062.500a | 6 | 15343.750 | 210.429 | .000 |
| | Tratamientos | 112.500 | 2 | 56.250 | .771 | .503 |
| | Bloques | 75.000 | 3 | 25.000 | .343 | .796 |
| | Error | 437.500 | 6 | 72.917 | | |
| | Total | 92500.000 | 12 | | | |
| Brotes laterales | Modelo | 98362,500b | 6 | 16393.750 | 238.455 | .000 |
| | Tratamientos | 154.167 | 2 | 77.083 | 1.121 | .386 |
| | Bloques | 106.250 | 3 | 35.417 | .515 | .687 |
| | Error | 412.500 | 6 | 68.750 | | |
| | Total | 98775.000 | 12 | | | |

a. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,991), CV = 9.76%

b. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,992) CV = 9.17%

Tabla 21. Análisis de varianza de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa

### *Emergencia*

Según la tabla 21 se observa que la variabilidad en la emergencia del cultivo de papa está correlacionada en 99.91% ($R^2Ajd = 0.991$) por las condiciones experimentales a las cuales las unidades experimentales fueron expuestas, el coeficiente de variabilidad de 9.76% indica la variación existe en el porcentaje de emergencia del cultivo de papa entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos evaluados, según el estadístico F de Fisher de 0.771 y su correspondiente valor de la significancia de 0.503 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la emergencia del cultivo de papa, del mismo modo, según el valor F igual a 0.343 y su correspondiente valor de la

significancia de 0.796 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existe diferencia significativas (Sig. > 0.05) de los bloques sobre la emergencia del cultivo de papa.

*Brotes laterales*

La tabla 21, muestra que la variabilidad del número de brotes laterales del cultivo de papa está relacionada en 99.2% ($R^2$Ajd = 0.992) por las condiciones experimentales a las cuales las unidades experimentales fueron expuestas y entre los resultados del número de brotes laterales existe una variabilidad de 9.17% producto de la aplicación de los tratamientos (humus de lombriz).

Para los tratamientos evaluados, según el estadístico F de Fisher de 1.21 y su correspondiente valor de la significancia de 0.386 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95%, que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de brotes laterales del cultivo de papa, del mismo modo, según el valor F igual a 0.515 y su correspondiente valor de la significancia de 0.687 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existe efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de brotes laterales del cultivo de papa.

Los resultados de la tabla 22, ratifican la no existencia de efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables porcentaje de emergencia y número de brotes laterales, debido a que los promedios en comparación pertenecen a un mismo conjunto homogéneo tanto a nivel de los tratamientos como en los bloques.

| **HSD Tukeya,b** | | **Emergencia (%)** | | **Brotes laterales (%)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **N** | | **Subconjunto homogéneo** | | **Subconjunto homogéneo** | |
| **Tratamientos** | | | | | |
| T3. Testigo | 4 | 83.7500 | a | 86.2500 | b |
| T1. 2 Kg/m2 de Humus de Lombriz al voleo | 4 | 87.5000 | a | 90.0000 | b |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 4 | 91.2500 | a | 95.0000 | b |
| Sig. | | .474 | | .359 | |
| **Bloques** | | | | | |
| Bloque III | 3 | 85.0000 | a | 86.6667 | b |
| Bloque II | 3 | 86.6667 | a | 90.0000 | b |
| Bloque IV | 3 | 86.6667 | a | 90.0000 | b |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque I | 3 | 91.6667 | a | 95.0000 | b |
| Sig. | | .778 | | .632 | |

Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey

Tabla 22. Comparación de promedios múltiples de la emergencia y el número de brotes laterales del cultivo de papa según Tukey

La prueba de Tukey al 95% de probabilidades (tabla 22) muestra en la columna de porcentaje de emergencia que comparten una misma letra (a) tanto en los tratamientos como en los bloques, por tanto, se afirma que no existe evidencia estadística suficiente para concluir que la aplicación de los tratamientos hayan tenido efecto significativo sobre la emergencia del cultivo de papa, igualmente ocurre con la variable porcentaje de brotes laterales, donde a nivel de tratamientos y bloques comparten una misma letra (b) resultando sus promedios ser iguales estadísticamente.

### *Altura de planta*

El análisis de varianza de la tabla 23, prueba la hipótesis del efecto atribuible a los tratamientos sobre la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la instalación del cultivo de papa, el contraste se lleva a cabo a un nivel de confianza de 0.05 ($\alpha = 0.05$) para la prueba los resultados se muestran a continuación.

| **Variable** | **Origen** | **Tipo III de suma de cuadrados** | **Gl** | **Cuadrático promedio** | **F** | **Sig.** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de planta a los 30 dds | Modelo | 490.819[a] | 6 | 81.803 | 180.086 | .000 |
| | Tratamientos | 2.970 | 2 | 1.485 | 3.269 | .110 |
| | Bloques | 13.206 | 3 | 4.402 | 9.691 | .010 |
| | Error | 2.725 | 6 | .454 | | |
| | Total | 493.545 | 12 | | | |
| Altura de planta a los 60 dds | Modelo | 10183,938[b] | 6 | 1697.323 | 1522.122 | .000 |
| | Tratamientos | 50.700 | 2 | 25.350 | 22.733 | .002 |
| | Bloques | 59.789 | 3 | 19.930 | 17.873 | .002 |
| | Error | 6.691 | 6 | 1.115 | | |
| | Total | 10190.628 | 12 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de planta a los 90 dds | Modelo | 17273,552[c] | 6 | 2878.925 | 207.342 | .000 |
| | Tratamientos | 197.887 | 2 | 98.943 | 7.126 | .026 |
| | Bloques | 348.092 | 3 | 116.031 | 8.357 | .015 |
| | Error | 83.310 | 6 | 13.885 | | |
| | Total | 17356.862 | 12 | | | |

a. R al cuadrado = ,994 (R al cuadrado ajustada = ,989), Cv= 10.72%

b. R al cuadrado = ,999 (R al cuadrado ajustada = ,999), Cv = 3.64%

c. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,990), Cv = 9.98%

Tabla 23. Análisis de varianza de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días

### *Altura de planta a los 30 días después de la siembra*

En la tabla 23 se observa que la variabilidad en la altura de planta a los 30 días después de la siembra del cultivo de papa está correlacionada en 98.90% ($R^2$Ajd = 0.989) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 10.72% indica la variación existente entre la altura de planta a los 30 días entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 3.269 y su correspondiente valor de la significancia de 0.110 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 30 días después de la siembra, por el contrario, los bloques según el según el valor F igual a 9.691 y su correspondiente valor de la significancia de 0.01 resulta ser menor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 30 días.

### *Altura de planta a los 60 días después de la siembra*

La tabla 23 muestra que la variabilidad en la altura de planta a los 60 días después de la siembra del cultivo de papa está correlacionada en 99.9% ($R^2$Ajd = 0.999) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 9.98 % indica la variación existente entre la altura de planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 22.733 y su correspondiente valor de la significancia de 0.002 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 60 días después de la siembra, para

el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 17.873 y su correspondiente valor de la significancia de 0.02 resulta ser menor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 60 días.

### *Altura de planta a los 90 días después de la siembra*

Según la tabla 23, la variabilidad en la altura de planta a los 90 días después de la siembra está correlacionada en 99.00% ($R^2$Ajd = 0.990) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 3.64 % indica la variación existente entre la altura de planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 7.126 y su correspondiente valor de la significancia de 0.026 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 90 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 8.357 y su correspondiente valor de la significancia de 0.015 resulta ser menor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 90 días.

Según la tabla 24, de la comparación de promedios mediante el estadístico de Tukey, se ratifica que no existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos en la altura de planta a los 30 días después de la siembra, sin embargo, a nivel de los bloques se puede mencionar que los bloques I, III y IV tuvieron efectos iguales pero diferentes al bloque II, esto puede ser explicado por la pendiente del terreno (15 – 20%) y la presencias de árboles como capulí y eucalipto que diferenció la presencia de horas luz en los bloques I, III y IV.

| HSD Tukeya,b | N | Subconjunto homogéneo 30 dds | | Subconjunto homogéneo 60 dds | | Subconjunto homogéneo 90 dds | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tratamientos** | | | | | | | |
| T1. 2 $Kg/m^2$ de Humus de Lombriz al voleo | 4 | 5.9225 | a | 27.4125 | a | 36.6225 | ab |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 4 | 6.9925 | a | 31.8775 | b | 42.6275 | b |
| T3. Testigo | 4 | 5.9525 | a | 27.6300 | a | 32.7575 | a |
| **Bloques** | | | | | | | |
| Bloque I | 3 | 6.0700 | a | 25.7667 | a | 33.2667 | a |
| Bloque II | 3 | 7.9933 | b | 28.1800 | ab | 34.0167 | a |
| Bloque III | 3 | 5.9633 | a | 30.2600 | bc | 46.5600 | b |
| Bloque IV | 3 | 5.1300 | a | 31.6867 | c | 35.5000 | a |

Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey

Tabla 24. Comparación de promedios múltiples de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey

La altura de planta a los 60 días después de la siembra mostró diferencias estadísticas, a un 95% de probabilidades, se tiene que el tratamiento T2. Aplicación localizada de humus de lombriz en 0.5 Kg/planta, mostró mayor diferencia con 31.8775 cm, frente a los tratamientos T1. Aplicación al voleo de humus de lombriz en 2 $Kg/m^2$ y T3. Testigo, que mostraron igual efecto en la altura de planta con promedios de 27.4125 cm y 27.63 cm respectivamente.

Respecto a la comparación de los promedios de altura dentro de los bloques se tiene que los bloques I y II influenciaron en igual magnitud en la altura de planta a los 60 dds, luego los bloques II y III influenciaron en la misma magnitud en la altura de planta a los 60 dds y finalmente los bloques III y IV mantuvieron igual efecto en la altura de planta a los 60 dds, esto puede ser explicado por la heterogeneidad en el terreno (pendiente 15 a 20%) y la presencia de árboles de capulí y eucalipto cercanas en las unidades experimentales.

Al compara los promedios de altura de planta a los 90 días después de la siembra se tiene que los tratamientos T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) y T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 $Kg/m^2$) mostraron igual efecto en la altura de planta con valores de 42.6275 cm y 36.6225 respectivamente, siendo dichos tratamientos superiores al tratamiento T3 (testigo) cuyo promedio alcanzo 32.7575 cm de altura de planta.

Al comparar los promedios de altura de planta a los 90 días después de la siembra dentro de los bloques se tienen que las alturas promedio en los bloques I, II y IV son iguales pero diferentes a la altura promedio del bloque III, siendo el bloque III que mostró mayor diferencia en altura con 46.56 cm.

### *Numero de tallos*

| Variable | Origen | Tipo III de suma de cuadrados | Gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de planta a los 30 dds | Modelo | 61.130a | 6 | 10.188 | 5.657 | .027 |
| | Tratamientos | 2.112 | 2 | 1.056 | .586 | .585 |
| | Bloques | 2.944 | 3 | .981 | .545 | .669 |
| | Error | 10.805 | 6 | 1.801 | | |
| | Total | 71.935 | 12 | | | |
| Altura de planta a los 60 dds | Modelo | 128,655b | 6 | 21.443 | 352.479 | .000 |
| | Tratamientos | 1.655 | 2 | .827 | 13.603 | .006 |
| | Bloques | .250 | 3 | .083 | 1.370 | .339 |
| | Error | .365 | 6 | .061 | | |
| | Total | 129.020 | 12 | | | |
| Altura de planta a los 90 dds | Modelo | 128,500c | 6 | 21.417 | 257.000 | .000 |
| | Tratamientos | 1.500 | 2 | .750 | 9.000 | .016 |
| | Bloques | .250 | 3 | .083 | 1.000 | .455 |
| | Error | .500 | 6 | .083 | | |
| | Total | 129.000 | 12 | | | |

a. R al cuadrado = ,850 (R al cuadrado ajustada = ,700), Cv=68.8%

b. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,994), Cv=7.60%

c. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,992), Cv=8.86%

Tabla 25. Análisis de varianza del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días

### *Número de tallos a los 30 días después de la siembra*

En la tabla 25 se observa que la variabilidad en el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra está correlacionada en 70.00% ($R^2$Ajd = 0.700) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 68.8% indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 30 días entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 0.586 y su correspondiente valor de la significancia de 0.585 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra, lo mismo ocurre en los bloques según el según el valor F igual a 0.545 y su correspondiente valor de la significancia de 0.669 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. >

0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 30 dds.

### *Número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra*

La tabla 25 muestra que la variabilidad en el número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra, está correlacionada en 99.4% ($R^2$Ajd = 0.994) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 7.60 % indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 13.603 y su correspondiente valor de la significancia de 0.006 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 1.370 y su correspondiente valor de la significancia de 0.339 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 60 dds.

### *Número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra*

Según la tabla 25, la variabilidad en el número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra está correlacionada en 99.20% ($R^2$Ajd = 0.992) por las condiciones experimentales a las cuales estuvieron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 8.86 % indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 90 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 9.000 y su correspondiente valor de la significancia de 0.016 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 1.000 y su correspondiente valor de la significancia de 0.455 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 90 dds.

| HSD Tukeya,b | N | Subconjunto homogéneo 30 dds | | Subconjunto homogéneo 60 dds | | Subconjunto homogéneo 90 dds | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tratamientos** | | | | | | | |
| T1. 2 Kg/m$^2$ de Humus de Lombriz al voleo | 4 | 1.7875 | a | 3.0000 | a | 3.0000 | a |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 4 | 1.9500 | a | 3.7750 | b | 3.7500 | b |
| T3. Testigo | 4 | 2.7475 | a | 2.9750 | a | 3.0000 | a |
| **Bloques** | | | | | | | |
| Bloque I | 3 | 2.9967 | a | 3.0000 | a | 3.3333 | a |
| Bloque II | 3 | 1.8167 | a | 3.3333 | a | 3.0000 | a |
| Bloque III | 3 | 1.7667 | a | 3.3333 | a | 3.3333 | a |
| Bloque IV | 3 | 2.0667 | a | 3.3333 | a | 3.3333 | a |

Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba deTukey

Tabla 26. Comparación de promedios múltiples del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey

La tabla 26, ratifica que no existió efecto a los tratamientos sobre el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra ya que los promedios de los tratamientos y bloques pertenecen al mismo conjunto homogéneo.

Al comparar los promedios del número de tallos por planta a los 60 y 90 días después de la siembra, se tiene que, se obtiene mayor número de tallos promedio con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) frente a los tratamientos T1 (aplicación al voleo de 2 Kg/m$^2$ de HL) y T3 (testigo) que mostraron igual promedio en el número de tallos por planta, a nivel de los bloques no se encontraron diferencias significativas en el número de tallos a los 60 y 90 días después de la siembra.

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN LOCALIZADA CON HUMUS DE LOMBRIZ EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

Tiene como propósito probar si existen diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad INIA canchan, por efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz. Los resultados se muestran a continuación.

| Variables | Origen | Tipo III desuma de cuadrados | Gl | Cuadrático promedio | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Peso del tubérculo por planta | Modelo | 4445398.769[a] | 6 | 740899.795 | 81.932 | .000 |
| | Tratamientos | 580811.782 | 2 | 290405.891 | 32.115 | .001 |
| | Bloques | 23133.150 | 3 | 7711.050 | .853 | .514 |
| | Error | 54256.868 | 6 | 9042.811 | | |
| | Total | 4499655.638 | 12 | | | |
| Diámetro de tubérculos | Modelo | 18136.675[b] | 6 | 3022.779 | 368.303 | .000 |
| | Tratamientos | 94.153 | 2 | 47.076 | 5.736 | .040 |
| | Bloques | 11.370 | 3 | 3.790 | .462 | .719 |
| | Error | 49.244 | 6 | 8.207 | | |
| | Total | 18185.919 | 12 | | | |
| Número de tubérculos por planta | Modelo | 1380.950[c] | 6 | 230.158 | 90.641 | .000 |
| | Tratamientos | 84.208 | 2 | 42.104 | 16.581 | .004 |
| | Bloques | .901 | 3 | .300 | .118 | .946 |
| | Error | 15.235 | 6 | 2.539 | | |
| | Total | 1396.185 | 12 | | | |
| Rendimiento estimado (t/ha) | Modelo | 6097.963[d] | 6 | 1016.327 | 81.917 | .000 |
| | Tratamientos | 796.466 | 2 | 398.233 | 32.098 | .001 |
| | Bloques | 31.734 | 3 | 10.578 | .853 | .514 |
| | Error | 74.441 | 6 | 12.407 | | |
| | Total | 6172.404 | 12 | | | |
| Peso de tubérculo estimado | Modelo | 34431.885[a] | 6 | 5738.647 | 108.007 | .000 |
| | Tratamientos | 585.681 | 2 | 292.841 | 5.512 | .044 |
| | Bloques | 283.267 | 3 | 94.422 | 1.777 | .251 |
| | Error | 318.794 | 6 | 53.132 | | |

| | | |
|---|---|---|
| Total | 34750.679 | 12 |

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,976), Cv = 27.09%

b. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,995), Cv = 7.39%

c. R al cuadrado = ,989 (R al cuadrado ajustada = ,978), Cv = 15.33%

d. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,976), Cv = 27,09%

e. R al cuadrado = ,991 (R al cuadrado ajustada = ,982), Cv = 13.78%

Tabla 27. Análisis de varianza de los parámetros del rendimiento del cultivo de papa

## PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA (G.)

En la tabla 27 se observa que la variabilidad en el peso de tubérculos por planta está correlacionada en 97.76% ($R^2$Ajd = 0.976) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 27.09% indica la variación existente en los pesos de tubérculos por planta entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 32.115 y su correspondiente valor de la significancia de 0.001 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el peso de tubérculos por planta, por el contrario, los bloques según el valor F igual a 0.853 y su correspondiente valor de la significancia de 0.514 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el peso de tubérculos por planta.

## DIÁMETRO DE TUBÉRCULO (MM)

Según la tabla 27 la variabilidad del diámetro de tubérculos está correlacionada en 99.50% ($R^2$Ajd = 0.995) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 7.39% indica la variación existente en los diámetros de tubérculos entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 5.736 y su correspondiente valor de la significancia de 0.040 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el diámetro de tubérculos, por el contrario, los bloques según el valor F igual a 0.462 y su correspondiente valor de la significancia de 0.719 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el diámetro de tubérculos.

## NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

En la tabla 27 se observa que la variabilidad del número de tubérculos por planta está correlacionada en 97.80% ($R^2$Ajd = 0.978) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 15.33% indica la variación existente en el número de tubérculos por planta entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 16.581 y su correspondiente valor de la significancia de 0.040 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tubérculos por planta, en los bloques, según el valor F igual a 0.118 y su correspondiente valor de la significancia de 0.946 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tubérculos por planta.

## RENDIMIENTO ESTIMADO (T/HA)

En la tabla 27 se observa que la variabilidad del número de tubérculos por planta está correlacionada en 97.60% ($R^2$Ajd = 0.976) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 27.09% indica la variación existente en el rendimiento estimado entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 32.098 y su correspondiente valor de la significancia de 0.001 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el rendimiento estimado, en los bloques, según el valor F igual a 0.853 y su correspondiente valor de la significancia de 0.514 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el rendimiento estimado en t/ha.

## PESO DE TUBÉRCULO ESTIMADO (G.)

En la tabla 27 se observa que la variabilidad del peso de tubérculo estimado está correlacionada en 98.20% ($R^2$Ajd = 0.982) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 13.78% indica la variación existente en el peso de tubérculo estimado entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 5.512 y su correspondiente valor de la significancia de 0.044 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1) concluyendo

a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el peso de tubérculo estimado, en los bloques, según el valor F igual a 1.777 y su correspondiente valor de la significancia de 0.251 resulta ser mayor que alfa (α=0.05) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el peso de tubérculos estimado.

Con el propósito de establecer el mejor tratamiento con efecto significativo sobre los parámetros de rendimiento en el cultivo de papa INIA Canchan se realizó la comparación de promedios múltiple mediante el método de Tukey al 95% de probabilidades, los resultados del análisis de muestran en la tabla 28.

| HSD Tukey | N | Peso de tubérculo por planta | | Diámetrodel tubérculo | | Número de tubérculos por planta | | Rendimiento esperado | | Peso del tubérculo estimado | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tratamientos** | | | | | | | | | | | |
| T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo | 4 | 478.1975 | b | 36.9925 | a | 9.5875 | b | 17.7100 | b | 49.2475 | ab |
| T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada | 4 | 868.1375 | a | 42.7175 | a | 13.9625 | a | 32.1525 | a | 62.6600 | a |
| T3. Testigo | 4 | 351.0425 | b | 36.5800 | a | 7.6250 | b | 13.0050 | b | 46.7500 | B |
| **Bloques** | | | | | | | | | | | |
| Bloque I | 3 | 493.3700 | a | 38.6433 | a | 10.2500 | a | 18.2733 | a | 45.8733 | A |
| Bloque II | 3 | 584.8600 | a | 38.1867 | a | 10.8333 | a | 21.6600 | a | 51.4367 | A |
| Bloque III | 3 | 610.8967 | a | 37.8467 | a | 10.1000 | a | 22.6267 | a | 59.0333 | A |
| Bloque IV | 3 | 574.0433 | a | 40.3767 | a | 10.3833 | a | 21.2633 | a | 55.2000 | A |

Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba deTukey

Tabla 28. Comparación de promedios múltiples de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa según Tukey

## PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA (G.)

Según la comparación de promedios de la tabla 28, se observa que la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) produce mayor peso de tubérculos por planta con el valor de 868.1375 g/planta, que al ser comparado con los promedios de los tratamientos T1 y T3, resulta significativamente superior, el tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m²) tiene igual efecto que el tratamiento T3 (testigo) con valores de 493.3700 g/planta y 351.0425 g/planta respectivamente.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el peso de tubérculos por planta se

observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que dichos promedios sean diferentes.

## DIÁMETRO DE TUBÉRCULO (MM)

No existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios de los diámetros de tubérculos sean significativamente diferentes por efecto a los tratamientos como por efecto a los bloques.

## NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

La aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) tiene un promedio de 13.9625 tubérculos por planta y resulta ser significativamente superior, al ser comparado con el promedio del tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/$m^2$) y el tratamiento T3 (testigo) cuyos valores son 9.5875 y 7.6250 tubérculos por planta respectivamente.

No existe diferencia significativa entre los promedios alcanzados por los tratamientos T1 y T3, sin embargo, se anota que el promedio del tratamiento T1 es mayor que el promedio del tratamiento T3 (testigo).

Al comparar el efecto de los bloques sobre el número de tubérculos por planta se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que dichos promedios sean diferentes.

## RENDIMIENTO ESTIMADO (T/HA)

Según la tabla 28, el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) tiene mejor efecto sobre el rendimiento estimado del cultivo de papa con el valor de 32.1525 t/ha, siendo superior a los rendimientos obtenidos mediante la aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/$m^2$ (T1) cuyo valor alcanza 17.7100 t/ha.

El tratamiento T1, tiene igual efecto que el tratamiento T3 (testigo) sin embargo, se debe anotar que el promedio del rendimiento obtenido en el tratamiento T1 es mayor que el promedio del rendimiento obtenido en el tratamiento T3, pero no es estadísticamente significativa.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el rendimiento del cultivo de papa se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios entre bloques sean diferentes.

## PESO DE TUBÉRCULO ESTIMADO (G.)

Según la tabla 28, el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz

de 0.5 Kg/planta) tiene igual efecto que el tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/$m^2$) en el peso de tubérculos, con promedios de 62.66 g y 49.2475 g respectivamente, a su vez que dichos tratamientos obtienen mayores pesos en comparación con los obtenidos con el tratamiento T3 (testigo) cuyo promedio alcanza 46.75 g.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el peso de tubérculos del cultivo de papa se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios entre bloques sean diferentes.

## DISCUSIÓN

En función de los resultados de las variables se realizan las discusiones siguientes:

## EMERGENCIA

El porcentaje de emergencia obtenido en el ensayo se encuentra entre 83.75% a 91.25% no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que el proceso de brotación obedece a otros factores como refiere Vignola et al. (2017) la brotación esta relacionada a las condiciones de almacenamiento y estado de brotes de la semilla, a ello se suma las condiciones de temperatura y humedad existentes en el suelo que producen "cambios bioquímicos" en el tubérculo semilla para dar una nueva planta dando inicio al crecimiento acelerado de raíces y posterior emergencia de tallos y hojas, según Mamani Linares (2019) la brotación ocurre entre 15 a 30 días después de la instalación con porcentajes de 80% a 90%, valores similares obtenidos en las unidades experimentales.

## BROTES LATERALES

El promedio de plantas con brotes laterales obtenido fue entre 86.25% a 95% no encontrando efecto atribuible (Sig. > 0.05) a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) según la prueba de Tukey, valores similares fueron obtenidos por Huamán Huamán (2017) con 85,26% a 8,36% de brotación, según Mamani Linares (2019) el número de brotes depende del "tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono", Vignola et al. (2017) afirma que los brotes laterales pueden diferenciarse por afectación de déficit hídrico y condiciones químicas del suelo como salinidad y condiciones física del medio ambiente como "radiación solar" y por afectación de plagas especialmente *Liriomyza* sp, por tanto los resultados de la investigación son coherentes con la teoría ya que el humus de lombriz no tiene efecto sobre los brotes laterales del cultivo de papa.

## ALTURA DE PLANTA

Se evaluó la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, dichos periodos de evaluación son similares a las periodos evaluados por (Contreras Liza, Custodio Laura y Zúñiga Dávila 2019; Reategui et al. 2019; Cutipa Chura 2007; Díaz Chilcon 2018) quienes reportan alturas de planta variables, por ejemplo para la especie *S. Andigenum* reportaron el mayor tamaño de 52.21 cm, luego *S. Curtilobum Juz et Buk* de 42.54 cm, después *S. Stenotum Just et Buk* de 37.74 cm y *S. juzepczukii Buk* de 30.23 cm, por su parte el (INIA 2012) reporta una altura de 90 cm para la variedad Canchan INIA en su estado de madurez (90 dds), dichas alturas se encuentran dentro del rango de la presente investigación cuyos valores de altura para los 90 días después de la siembra van desde 32.7575 cm hasta 42.6275 cm. La aplicación de humus de lombriz evidenció diferencias significativas en la altura de planta a partir de los 60 días, esto se explica por la disponibilidad de nutrientes existen en el humus de lombriz, tal como menciona Cutipa Chura (2007) el humus de lombriz se encuentra parcialmente humificada por tanto, otorga los nutrientes a la planta y mejora la capacidad de retención del agua en el suelo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento de las plantas, Mamani Linares (2019) menciona que la variabilidad de la altura de planta se debe a la fertilización y a las características físicos químicos y microbiológico del suelo lo cual es coherente con lo que manifiesta Suquilanda Valdivieso (2009) que menciona, el humus de lombriz “aplicados al suelo favorecen a las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo”.

## NUMERO DE TALLOS

El número de tallos mostró diferencias significativas (Sig.<0.05) a partir de los 60 días después de la siembra siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que mostró mayores promedios con 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds) frente al tratamiento T3 (testigo) que mostró un promedio de 2.975 (60 dds) y 3.00 (90 dds), Morales Guevara et al. (2015) no encontró diferencias significativas en el número de tallos a los 30 días posteriores a la plantación, lo cual es similar a los resultados encontrados en la presente investigación, la diferenciación en el número de tallos se establece a partir de los 60 días, lo que se puede explicar mediante Morales Guevara et al. (2015) quien manifiesta que después de la emergencia las plantas entran en periodo de rápido crecimiento Mamani Linares (2019) indica el número de tallos se relaciona con el número de tubérculos por tanto con los rendimientos de la producción, por lo cual recomienda “romper la dominancia apical” para promover el crecimiento de tallos laterales, Cutipa Chura (2007) también indica que el número de tallos puede contribuir favorablemente sobre los rendimientos a su vez depende del número de brotes.

## PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Se encontró diferencias significativas en el peso de tubérculos por planta (Sig.<0.05) siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que obtuvo mejores resultados con promedios de 868.1375 g/planta, frente al tratamiento T3 (testigo) que obtuvo 351.0425 g/planta; los resultados se encuentran dentro del rango obtenido por Cutipa Chura (2007) quien, con la aplicación de 1.5 t/ha de humus de lombriz reporta entre 600 a 650 g/planta y con 2 t/ha de humus de lombriz reporta 670 a 700 g/planta, el incremento del peso en los tubérculos por planta esta relacionada a la extracción de nutrientes del suelo explicado según Cutipa Chura (2007) quien citando a (Tarazona et al. 1997) menciona que para la obtención de una tonelada de papa en una hectárea se requiere de “4.93 Kg de N, 51.51 Kg de P2O5 y 8.59 Kg de K2O y 0.94 Kg de MgO” dicha información tiene respaldo en (Condori Vargas y Borda Jeri 2014) quien menciona la papa es exigente en nutrición mineral.

## DIÁMETRO DE TUBÉRCULO

No se encontraron diferencias significativas en el diámetro de tubérculos (Sig.>0.05), los resultados muestran rangos entre 36.58 mm a 42.7175 mm, los resultados son cercanos a los obtenidos por Luna Murillo et al. (2016) quien reporta diámetros entre 51.2 mm a 53.8 mm con la aplicación de gallinaza, Benavides Rodríguez (2019) clasifica los tubérculos de acuerdo a su diámetro reportando las siguientes escalas: primera > 40 mm, segunda entre 20 a 40 mm de diámetro y tercera > de 20 mm, de acuerdo con ello, los resultados de la presente investigación al aplicarse humus de lombriz se clasifica como tubérculos de primera y con el testigo se clasifica en tubérculos de segunda categoría.

## NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Se encontró diferencias significativas en el número de tubérculos por planta (Sig.<0.05), la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) obtuvo el mayor promedio de 13.9625 tubérculos/planta y el tratamiento T3 (testigo) obtuvo 7.6250 tubérculos/planta dichos promedios se encuentran cercanos a los rangos reportados por Benavides Rodríguez (2019) quien, con la aplicación de 15 h/ha de humus de lombriz encontró 16 tubérculos/planta y en orden decreciente según disminuye la aplicación de humus de lombriz reporta 12 tubérculos/planta para el tratamiento testigo, Lujan Meregildo (2018) reportó 18 tubérculos/planta con la aplicación de 3 t/ha de humus de lombriz y 8 tubérculos/planta para el testigo, la cantidad de tubérculos por planta puede ser explicado según Cutipa Chura (2007) quien menciona la “expresión de mayor número de tubérculos por planta requieren mayores dosis de abonos orgánicos” también Díaz Chilcon (2018) encontró que la deficiencia en la disponibilidad de nutrientes se traduce en el “desarrollo

escaso y clorótico de la planta” que reduce el número de tubérculos por planta y el tamaño de éste.

## RENDIMIENTO ESTIMADO (T/HA)

El mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta con 32.1525 t/ha, (Sig.<0.05) frente al testigo que alcanzó 17.71 t/ha, el rendimiento con el uso de humus de lombriz, se encuentra en el rango reportado por INIA (2012) que para la variedad canchán, en condiciones experimentales es entre 40 a 50 t/ha y en campo de agricultores de hasta 30 t/ha, Cutipa Chura (2007) explica que, “el rendimiento de tubérculos depende de la conformación del desarrollo, altura de planta, número de tallos y número de tubérculos, entre otros que intervienen en la expresión de comportamiento del rendimiento de tubérculo”, la dosis apropiada de humus de lombriz para el cultivo de papa es de 1.75 t/ha que conduce a un rendimiento entre 31.93 t/ha a 34.16 t7ha.

Otros autores como (Pérez et al. 2016; Abreu et al. 2017; Inostroza et al. 2017; Benavides Rodriguez 2019; Luna Murillo et al. 2016; Díaz Chilcon 2018) coinciden al decir que los fertilizantes químicos superan en rendimiento al abonamiento orgánico debido a su “estructura simple y rápida disponibilidad” dichos autores reportan rendimientos con fertilizantes químicos de hasta 45 t/ha en comparación con abonos orgánicos de hasta 28 t/ha.

## PESO DE TUBÉRCULO ESTIMADO

La aplicación de humus de lombriz tiene efecto sobre el peso de tubérculos (Sig.<0.05) los promedios obtenidos se encuentran entre 49.2475 g a 62.66 g en comparación cuando no se aplica humus de lombriz el promedio es de 46.75 g, según Benavides Rodríguez (2019) el peso de tubérculos está relacionado con el número de tallos laterales, altura de planta y número de brotes, esto puede ser explicado por Araque Barrera et al. (2018) quienes mencionan que en las plantas existe un proceso de traslocación de fotoasimilados a los órganos de reserva, es decir a mayor área foliar se espera que la traslocación sea mayor y por tanto, el peso y la materia seca de los órganos de reserva sea mayor.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas y bajos las condiciones de clima y suelo del distrito de Chuquibambilla, Grau, Apurímac se concluye:

a) En relación al crecimiento vegetativo del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), variedad Canchan INIA se tiene que la aplicación de humus de lombriz *(Eisenia foetida*) tiene efecto significativo (Sig. < 0.05) sobre los indicadores del crecimiento vegetativo del cultivo de papa siendo la aplicación localizada en la dosis de 0.5 Kg/planta la que adjudica los mayores promedios en: i) porcentaje de emergencia de 91.25% frente a 83.75% del tratamiento testigo; ii) brotes laterales de 95% frente a 86.25% del tratamiento testigo; iii) alturas de planta entre 6.9925 cm (30 dds) a 42.6275 cm (90 dds) frente a 5.9525 cm (30 dds) a 32.7575 cm (90 dds) y iv) número de tallos promedio entre 1.95 (30 dds) a 3.75 (90 dds) frente a 2.74 (30 dds) a 3.00 (90 dds).

b) En relación al rendimiento del cultivo de papa se concluye que la aplicación de humus de lombriz tiene efectos significativos (Sig.<0.05) sobre los parámetros de rendimiento del cultivo de papa, siendo la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta la que adjudica los mayores promedios en: i) peso de tubérculos de 868.1375 g/planta, frente a 351.0425 del tratamiento testigo, ii) diámetro de tubérculo de 42.7175 mm frente a 36.58 mm del tratamiento testigo, iii) número de tubérculos promedios de 13.9625 frente a 7.6250 del tratamiento testigo, iv) Rendimiento total de 32.1525 t/ha frente a 13.0050 t/ha del tratamiento testigo y v) peso de tubérculo de 62.66 g frente a 46.75 g del tratamiento testigo.

## RECOMENDACIONES

En base a los hallazgos se recomienda:

a) A las familias de la provincia de Grau, Apurímac, se recomienda la utilización de humus de lombriz en la producción de papa, cuya aplicación debe ser localizada a razón de medio kilo por planta para obtener mejores resultados en el desarrollo de la planta y en el rendimiento de tubérculo.

b) A los investigadores, se recomienda evaluar nuevas formas de aplicación de humus de lombriz y evaluar los parámetros productivos del cultivo de papa, la premisa para ello es que la aplicación localizada a razón de 0.5 Kg/planta al momento de la siembra, tiene efecto significativo frente a la aplicación al voleo de 2 Kg/m$^2$, también queda pendiente encontrar la dosis y el tipo de aplicación de humus de lombriz que permita la optimización los rendimientos de la producción y la rentabilidad del cultivo, los hallazgos de la presente investigación constituye el punto de partida ya que, bajo las condiciones de temperatura media mensual de 11.9 °C, humedad relativa entre 46 a 60%, precipitación media anual de 842 mm y 3320 msnm se obtuvo rendimiento de 32.1525 t/ha en un suelo franco-arcillo-arenoso.

c) A los profesores y estudiantes de la Escuela Profesional de Agroecología de la UNAMBA, se recomienda evaluar mezclas de aplicación de humus de lombriz y otras fuentes de abonos orgánicos con la incorporación de microorganismos eficaces para determinar sus efectos sobre los parámetros productivos del cultivo de papa y otros de importancia económica y social.

# REFERENCIAS

ABREU, E., GONZÁLEZ, G., LIRIANO, R., VELIZ, J., OST, P. y MONZÓN, Z., 2017. Respuesta del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) a la combinación del fertilizante ecológico HerbaGreen con fertilizante químico. *Revista Centro Agrícola* [en línea], vol. 44, no. 1, pp. 80-89. ISSN 02535785. Disponible en: https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=3b57eeb2-5281- 4ec4-8469-2127676d0708%40sessionmgr4008.

AMACIFUÉN FLORES, J.C., 2012. *Respuesta a la aplicación de dosis de roca fosfórica con humus de lombriz en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum. Mill) var. rio grande, en un suelo* ácido *del fundo aucaloma de la UNSM-Lamas* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/1179/ITEM%4011458- 434.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

AMASIFUEN FASANANDO, W., 2003. *Caracterización del humus proveniente de cuatro mezclas orgánicas producido por lombrices del genero Eisenia, en Tarapoto* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Tarapoto. Disponible en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3461/AGRONOMIA - Wilfredo Amasifuen Fasanando.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ANDRADE S., N., CONTRERAS M., A. y CASTRO U., I., 2008. Evaluación comparativa del efecto en el rendimiento y sanidad en el cultivo de la papa al utilizar semilla certificada y sin certificar. *Agro Sur* [en línea], vol. 36, no. 2, pp. 111-114. ISSN 03048802. DOI 10.4206/agrosur.2008.v36n2-07. Disponible en: http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v36n2/art07.pdf.

ARAQUE BARRERA, E.J., BOHÓRQUEZ QUINTERO, M.D. los A., PACHECO DÍAZ, J.E. y CORREA MORA, L.Y., 2018. Propagación y tuberización in vitro de dos variedades de papa. *CIENCIA EN DESARROLLO* [en línea], vol. 9, no. 1. ISSN 2462- 7658. DOI 10.19053/01217488.v9.n1.2018.7132. Disponible en: http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/7132.

ASTORGA, M., SIMÓN, A. y VICTORIA, C., 2021. Guia para la elaboración de Compost y Lombricompuesto. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca* [en línea], pp. 10. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9228/INTA_CRMendoza- SanJuan_EEAMendoza_Victoria_C_guia_elaboracion_compost_lombricompuesto.pdf?s equence=1&isAllowed=y.

BENAVIDES RODRIGUEZ, E., 2019. *Rendimiento de la papa (Solanum tuberosum, grupo Phureja), Cultivar amarilla redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald_Alcántara- Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BUSTILLOS SIÑANI, L., ROJAS PARDO, A., FERNÁNDEZ CHÁVEZ, C., JOSÉ, J. y APARICIO PORRES, J.J., 2018. Identificación de variedades de papa nativa (Solanum sp.) producidas en tres comunidades del municipio de Tiahuanaco. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 117-124. ISSN 2518-6868 117. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5n2/v5n2_a13.pdf.

CAMPOS MARISCAL, J.L., ÁLVAREZ SÁNCHEZ, M.E., MALDONADO TORRES, R. y VARGAS GUSTAVO, A., 2020. Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 11, no. 2, pp. 263-274. ISSN 2007-9230. DOI 10.29312/remexca.v11i2.2301. Disponible en: https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2301.

CONDORI VARGAS, M. y BORDA JERI, A., 2014. *Influencia del humus de lombriz en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum) variedad única en la zona yunga - La Cantuta durante el año 2011* [en línea]. S.l.: Universiad Nacional Enrique Guzmán y Valle. Disponible en: https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/120/TESIS 016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CONTRERAS LIZA, S.E., CUSTODIO LAURA, J.C. y ZÚÑIGA DÁVILA, D.E., 2019. Efecto de inoculantes bacterianos sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de papa en Cañete. *TAYACAJA* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 97-110. ISSN 2617-9156. DOI 10.46908/rict.v2i1.42. Disponible en: http://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/42.

CUTIPA CHURA, Z., 2007. *Efecto de excreta de lombriz y biol Vs fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (Solanum tuberosum spp andigena)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/604/EPG204-00218- 01.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DÍAZ ÁLVAREZ, H.J., LIRIANO GONZÁLEZ, R. y ABREU CRUZ, E., 2019. Evaluation of complete fórmula fertilizers mixed with natural zeolite in potato cultivation (Solanum tuberosum L.). *Revista Centro Agrícola* [en línea], vol. 46, no. 1, pp. 24-30. ISSN 2072- 2001. Disponible en: http://cagricola.uclv.edu.cu.

DÍAZ CHILCON, O., 2018. *Efecto de 12 niveles de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa, variedad INIA 302 amarilis (Solanum tuberosumL.), en el sector San Juan, distrito de Cutervo 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3478/BC- TES-TMP-2289.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GUTIERREZ, R.C., 2016. *Caracterizacion morfologica y biometrica de hojas y flores de papas nativas (Solanum sp.) cultivadas en la region de pasco* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2620/F01-C3744-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

HUAMÁN HUAMÁN, E., JUAREZ CONTRERAS, L.D.P., NERI CHAVEZ, J.C. y COLLAZOS SILVA, R., 2017. Aplicación de la giberelina (Ryz up), para inducir la brotación en tubérculos de la papa (Solanum tuberosum) variedad canchán INIA. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 17. ISSN 2520-9760. DOI 10.25127/aps.20172.358. Disponible en: http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/358.

INOSTROZA, J., MÉNDEZ, P., ESPINOZA, N., ACUÑA, I., NAVARRO, P., CISTERNAS, E. y LARRAÍN, P., 2017. *Manual del cultivo de la papa en Chile* [en línea]. Santiago, Chile: s.n. ISBN 0717-4829. Disponible en: file:///C:/Users/UNDC-AGRONOMÍA- 02/Downloads/INIA_Libro_0050.pdf.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA, 2012. Papa INIA 303 - Canchán. *Ministerio de Agricultura* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: https://www.inia.gob.pe/wp- content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA_303.pdf.

JIMÉNEZ-TERRY, F., AGRAMONTE, D., PÉREZ, M., PONS, M., O, M. La, HURTADO, O., PÉREZ, A. y LEIVA-MORA, M., 2013. Efecto del sustrato sobre la producción de minitubérculos de papa en casa de cultivo a partir de plantas in vitro Effect of substrate on potato minitubers production in greenhouse using in vitro plants. *Biotecnología Vegetal* [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 169-180. ISSN 2074-8647. Disponible en: https://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=f091437d-59b8- 434b-a164-4c7b2058a8df%40sessionmgr101.

LIFONCIO LANDEO, D., 2013. *Producción y manejo del cultivo de papa* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en: http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/157/LIFONCIO- AGRON.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LIMA ATENCIO, Y.W., 2015. *Efecto de cambios climatologicos en la producción de papa en centro poblado Chijichaya-Ilave* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4609/Lima_Atencio_Yehude_Wil hem.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LIVISI CALCINA, L.C., 2017. *Caracterización agromorfológica de dos clones y dos cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) con tolerancia a heladas en condiciones agroecológicas del Illpa-Puno* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_ Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LUJÁN MEREGILDO, Y.E., 2018. *Efecto de tres dosis de "humus de lombriz" Eisenia foetida (Lumbricidae) y tres dosis de estiércol de "Vacuno" Bos taurus (Bovidae) en el rendimiento del cultivo de "Papa" Solanum tuberosum L. (Solanaceae) var. serranita en la Provincia Otuzco - Región La* [en línea]. S.l.: Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12759/3662.

LUNA MURILLO, R., ESPINOSA CUNUHUAY, K., TRÁVEZ TRÁVEZ, R., ULLOA MÉNDEZ, C., ESPINOZA CORONEL, A. y BEJARANO ALBORNOZ, A., 2016. Respuesta de variedades de papa (Solanum tuberosum, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencias agrarias* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 11-16. ISSN 1390-4043. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5609375.

MAMANI LINARES, A.W., 2019. *Efecto de diferentes pesos de tubérculos semilla en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad única en el CEA III Los Pichones* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3697/1619_2019_mamani_linar es_aw_fcag_agronomia.pdf?sequence=1 &is Allowed=y.

MARQUEZ-VASALLO, Y., SALOMÓN-DÍAZ, J.L. y ACOSTA-ROCA, R., 2020. Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 41, no. 1. ISSN 1819-4087. Disponible en: https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=e7c5098d-deca- 477d-9053-f6fe37b7e383%40sessionmgr4006.

MARTÍNEZ REYNOSO, F.A., 2009. *Caracterización morfológica e inventario de conocimiento colectivos de variedades de papas nativas( Solanum tuberosum.L) en la provincia de Chimborazo* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/337/1/13T0630 .pdf.

MENDOZA BELÉN, D.C., 2017. *Obtención de compuesto Humus en unidad Piloto a partir del tratamiento con lombrices en Lodos dirigidos de la Planta de Tratamiento Villa Club Cosmos* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114_2017_zea_rojas_zm_ espg_maestria_gestion_ambiental_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO-MINAGRI, 2020. Análisis de mercado de la papa 2020. *Sierra Exportadora* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/Análisis de Mercado - Papa 2020.pdf.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO - MINAGRI, 2017. Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. *MINAGRI* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: file:///C:/Users/UNDC- AGRONOMÍA-02/Downloads/boletin-prod-nacional-papa.pdf.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO - MINAGRI, [sin fecha]. Ficha técnica del cultivo de papa. [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha tecnica papa.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE-MINAM, 2019. *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad* [en línea]. Primera ed. Lima, Perú: s.n. ISBN 9786124174346. Disponible en: www.minam.gob.pe.

MORA-QUILISMAL, S.R., CUAICAL-GALÁRRAGA, E.T., GARCÍA-BOLÍVAR, J., REVELO-RUALES, V.W., PUETATE-MEJÍA, L.M., AGUILA-ALCANTARA, E. y

RUIZ-SÁNCHEZ, M., 2021. Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 42, no. 2. ISSN 02585936. Disponible en: https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=48e26bae-bc18-4650-8ce1-317b8d8d30af%40sdc-v-sessmgr01.

MORALES GARZÓN, F.J., 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 1-9. ISSN 1853-4961. Disponible en: http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/139/142.

MORALES GUEVARA, D., TORRES HERNÁNDEZ, L., JEREZ MOMPIÉ, E., FALCÓN RODRÍGUEZ, A. y DELL'AMICO RODRÍGUEZ, J., 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 36, no. 3, pp. 133-143. ISSN 1819-4087. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr20315.pdf.

MOZOMBITE GARCÍA, J.L., 2012. *Efecto de diferentes niveles de aplicación orgánica (Humus de Lombriz) en la producción de ají Charapita (Capsicum Frutescens) en un suelo ultisol de Pucallpa* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1869/000000740T.pdf?sequence=1 &isAllowed=y.

MUÑOZ, F. y CRUZ, L., 1984. *Manual del cultivo de papa* [en línea]. 1984. Ecuador: s.n. Disponible en: https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp- content/uploads/Documentacion PDF/manual de papa_completo.pdf.

OJEDA QUINTANA, L.J., ARTEAGA RODRÍGUEZ, O., ESCOBAR ESCOBAR, L.A. y LÓPEZ MILIÁN, A., 2020. Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en el establecimiento de Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 38, no. 2, pp. 5- 11. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292020000200005. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718- 34292020000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

OTINIANO, R., 2017. *Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú* [en línea]. 2017. Lima, Perú: Asociación Pataz. ISBN 978-612-47608-0- 8. Disponible en: file:///D:/TESIS/ANALI/Redacción final/manual-del-cultivo-de- papa.pdf.

PANTOJA MEDINA, B., 2020. *Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales en la calidad de humus de lombriz roja californiana 8Eisenia foetida Sav.) en Huacrachuco, 2018*. S.l.: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

PÉREZ ET AL., B., 2016. Efecto de los bioinsumos sobre la capacidad de respuesta de cultivares nativos de papa (Solanum tuberosum L.) a sequia. *Revista Latinoamericana de la Papa* [en línea], vol. 19, no. 1, pp. 40-58. ISSN 1853-4961. DOI 10.37066/ralap.v19i1.225. Disponible en: http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev- alap/article/view/225.

RAMÍREZ MALDONADO, J., MEJÍA ANAYA, T. y FERNÁNDEZ LÓPEZ, C., 2017. Evaluación comparativa de ocho variedades de papa (Solanum tuberosum) en el centro poblado de Uchuyacu distrito y provincia de Huaraz departamento de Áncash 2016- 2017. *APORTE SANTIAGUINO* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 225. ISSN 2616-9541. DOI 10.32911/as.2017.v10.n2.165. Disponible en: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/165.

REATEGUI, K., AGUIRRE, N., OLIVA, R. y AGUIRRE, E., 2019. Phenology and yield of four potato varieties in the Peruvian Altiplano. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 265-274. ISSN 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2019.02.12. Disponible en: http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2426.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, L., 2010. Ecofisiología del cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 97-108. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/1229/1228.

SANABRIA, K., 2019. *Inductores de resistencia para el manejo integrado de Phytophthora infestans (MONT.) de Bary en el cultivo de papa(Solanum tuberum L.)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3983/sanabria-aguilar- kimberlayn-maria-apsara.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SANTOYO, M.Á.B., FUENTES, G.Á., RODRÍGUEZ, J.M.P., LOPEZ, J.C.G. y RIVERA, R.C., 2017. Abonos obtenidos del compostado de heces de ganado bovino de leche vs. Fertilizante en la producción de triticale (X Triticum secale Wittmack). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, vol. 49, no. 1, pp. 95-104. ISSN 03704661.

SARMIENTO-SARMIENTO, G., PINO-CABANA, D., MENA-CHACÓN, L., MEDINA- DÁVILA, H. y LIPA-MAMANI, L., 2019. Application of vermicompost and seaweed in the watermelon crop (Citrullus lanatus Thunb.) Var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 10, no. 3, pp. 363-368. ISSN 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2019.03.06. Disponible en: http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2556.

SOTO, J., MEDINA, T., AQUINO, Y. y ESTRADA, R., 2014. Diversidad genética de papas nativas (Solanumspp.) conservadas en cultivares nativos del Perú. *Revista Peruana de Biología* [en línea], vol. 20, no. 3, pp. 215-222. ISSN 1727-9933. DOI 10.15381/rpb.v20i3.5216. Disponible en: http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/5216.

SPIEGEL, M.R. y STEPHENS, L.J., 2017. *Estadística*. Cuarta. Santa fé, México: s.n. ISBN 9780415475976.

SUQUILANDA VALDIVIESO, M.B., 2009. *Producción orgánica de cultivos andinos* [en línea]. Lima, Perú: s.n. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_org anica_de_cultivos_andinos.pdf.

TAPIA-VASQUEZ, H.J., 2017. *Fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha (Solanum tuberosum L.) de la región Cajamarca* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1673/TESIS - FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 43 ENTRADAS DE PAPA CHAUCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

TORRES GUEVARA, J.J., PARRA RONDINEL, F.A., CASAS FERNÁNDEZ, A. y CRUZ SORIANO, A., 2019. *De los cultivos nativos y el cambio del clima hallazgos (Huánuco y Apurímac)* [en línea]. Lima, Perú: s.n. ISBN 9786120043493. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333802851%0Ahttps://www.researchgate.net/p rofile/Alejandro_Casas3/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio _del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac/links/5d8e4b20299bf10cff151959/De-los-cultivos-nati.

TRUJILLO SAAVEDRA, S.D., 2017. *Factores determinantes de la producción de papa en el Perú para el periodo de años 1990-2013* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: http://hdl.handle.net/10757/621688.

TUPAYACHI HUAYHUA, G., 2021. *Efecto de cuatro dosis de humus de lombriz y dos dosis de soluciones nutritivas en producción de col de brucelas (Brassica oleracea L. var Gemmifera) en centro agronómico K´ayra - Cusco* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5931/253T20210191_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

VALERIANO VALERIANO, W.R., 2021. *Efecto del humus de lombriz (Eisenia foetida) mediante el uso de tres tipos de estiercol (Ovino, vacuno y alpaca) en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.)* [en línea]. S.l.: Univeresidad Nacional del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16471/Valeriano_Valeriano_Willi an_Rivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

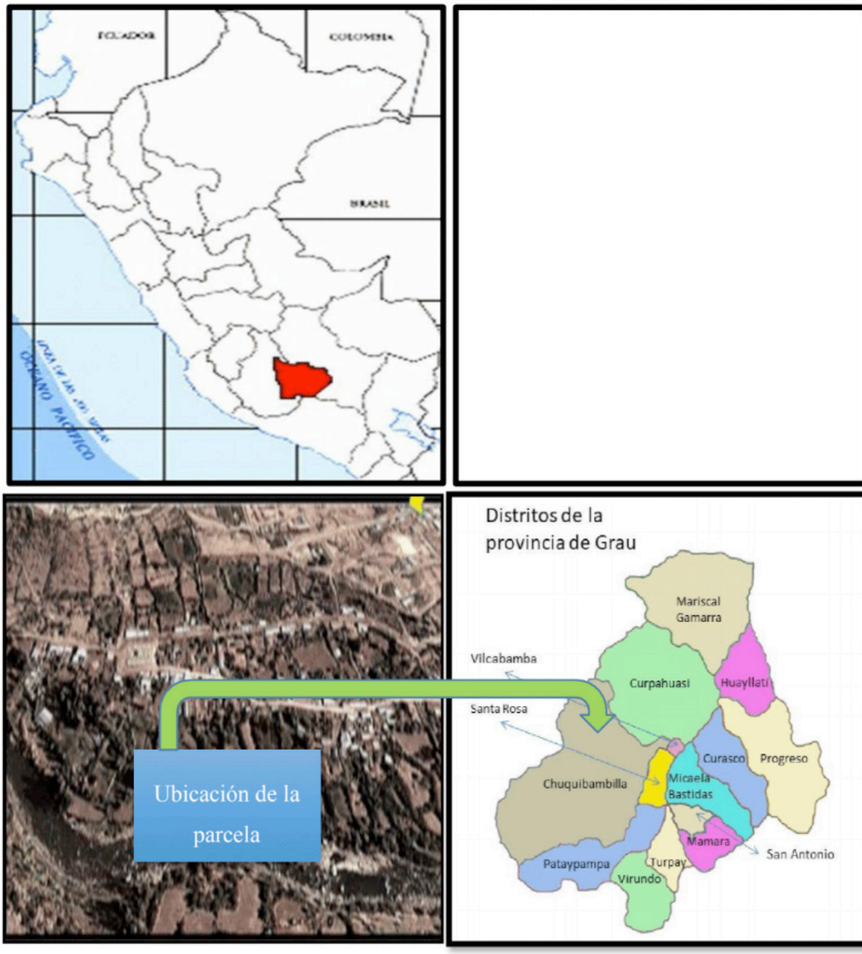
VÁSQUEZ A., V., CABRERA H., H.A., JIMÉNEZ D., L.A. y COLUNCHE, A., 2019. Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.). *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 18, no. 1, pp. 59. ISSN 1993-9507. DOI 10.21704/rea.v18i1.1307. Disponible en: http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/1307.

VIGNOLA, R., WATLER, W., VARGAS CÉSPEDES, A. y MORALES, M., 2017. Ficha técnica: Cultivo de Papa. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA* [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 1-78. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos- climaticos/Informe-final-papa.pdf.

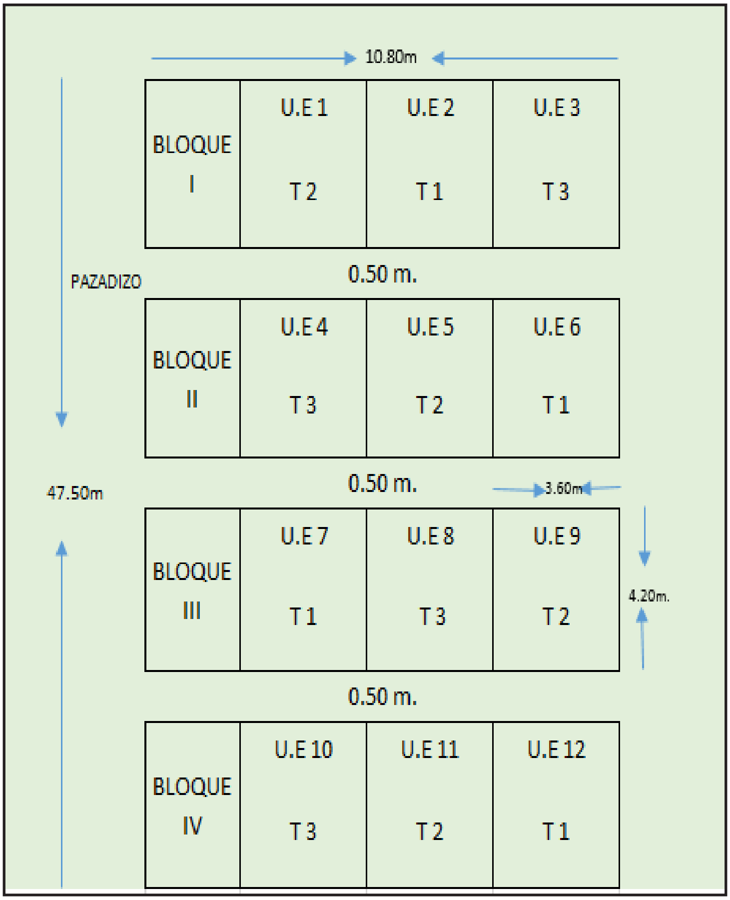
ZEA ROJAS, Z.M., 2017. *Eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz como alternativas para la producción sostenible del cultivo de maiz forrajero Zea Mays L. Var. Opaco mal paso en el distrito de Ite, provincia Jorge Basabre, región Tacna, 2014* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114_2017_zea_rojas_zm_ espg_maestria_gestion_ambiental_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

# ANEXOS

## ANEXO 1: MAPA DE UBICACIÓN



## ANEXO 2. CROQUIS DE PARCELA EXPERIMENTAL



## ANEXO 4. FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<table>
<tr><td colspan="12">Nombre del evaluador:..............................................<br>Variable a evaluar: ......................................................</td><td colspan="12">Nº de U.E.:.........................................................................</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Clave de tratamiento</td><td rowspan="3">Tratamientos</td><td colspan="22">Fecha de evaluación: /                /</td></tr>
<tr><td colspan="18">Variable: ........................................................................................<br>Indicador: ......................................................................................<br>Unidad de medida: ..........................................................................</td><td rowspan="2">Sumatoria</td><td rowspan="2">Promedio</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td><td>…</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="22">Observaciones:..............................................................................................................................................<br>..............................................................................................................................................................<br>..............................................................................................................................................................</td></tr>
</table>

## ANEXO 5. DATOS PARA PROCESAR

| Tratamientos | Bloques | Indicadores de la variable crecimiento vegetativo | | | | | | | | Indicadores del rendimiento de la producción | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Emergencia | Altura de planta a los 30 dds (cm) | Altura de planta a los 60 dds (cm) | Altura de planta a los 90 dds (cm) | Número de tallos a los 30 dds | Número de tallos a los 60 dds | Número de tallos a los 90 dds | Porcentajede plantas con brotes laterales a los 35 dds (%) | Peso del tubérculos por planta (g) | Diámetro de tubérculo a los 120 dds (mm) | Número de tubérculos por planta a los 120 dds | Rendimiento estimado (t/ha) | Peso de tubérculo estimado (g) |
| 1.00 | 1.00 | 100.00 | 5.95 | 24.49 | 31.06 | 1.50 | 3.00 | 3.00 | 100.00 | 318.35 | 34.45 | 8.45 | 11.79 | 37.67 |
| 1.00 | 2.00 | 85.00 | 8.39 | 27.00 | 32.35 | 1.70 | 3.00 | 3.00 | 90.00 | 434.55 | 37.54 | 8.80 | 16.09 | 49.38 |
| 1.00 | 3.00 | 75.00 | 4.65 | 27.68 | 46.13 | 1.65 | 3.00 | 3.00 | 75.00 | 567.35 | 35.19 | 10.35 | 21.01 | 54.82 |
| 1.00 | 4.00 | 90.00 | 4.70 | 30.48 | 36.95 | 2.30 | 3.00 | 3.00 | 95.00 | 592.54 | 40.79 | 10.75 | 21.95 | 55.12 |
| 2.00 | 1.00 | 85.00 | 6.37 | 27.33 | 38.56 | 1.60 | 3.10 | 4.00 | 90.00 | 869.98 | 42.75 | 15.80 | 32.22 | 55.06 |
| 2.00 | 2.00 | 90.00 | 8.55 | 31.80 | 36.25 | 2.05 | 4.00 | 3.00 | 95.00 | 973.71 | 42.99 | 14.30 | 36.06 | 68.09 |
| 2.00 | 3.00 | 95.00 | 7.35 | 33.85 | 51.25 | 2.10 | 4.00 | 4.00 | 100.00 | 869.61 | 44.51 | 12.10 | 32.21 | 71.87 |
| 2.00 | 4.00 | 95.00 | 5.70 | 34.53 | 44.45 | 2.05 | 4.00 | 4.00 | 95.00 | 759.25 | 40.62 | 13.65 | 28.12 | 55.62 |
| 3.00 | 1.00 | 90.00 | 5.89 | 25.48 | 30.18 | 5.89 | 2.90 | 3.00 | 95.00 | 291.78 | 38.73 | 6.50 | 10.81 | 44.89 |
| 3.00 | 2.00 | 85.00 | 7.04 | 25.74 | 33.45 | 1.70 | 3.00 | 3.00 | 85.00 | 346.32 | 34.03 | 9.40 | 12.83 | 36.84 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.00 | 3.00 | 85.00 | 5.89 | 29.25 | 42.30 | 1.55 | 3.00 | 3.00 | 85.00 | 395.73 | 33.84 | 7.85 | 14.66 | 50.41 |
| 3.00 | 4.00 | 75.00 | 4.99 | 30.05 | 25.10 | 1.85 | 3.00 | 3.00 | 80.00 | 370.34 | 39.72 | 6.75 | 13.72 | 54.86 |

## ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO

- Vista fotográfica de la parcela de la ejecución del proyecto de investigación.



- Vista fotográfica del roturado de la parcela utilizando chaquitaclla.



- Vista fotográfica del mullido del suelo para la instalación del cultivo de la papa.



- Vista fotográfica de los materiales que se utilizó para el diseño de bloques en la parcela.



- Vista fotográfica del trazo y marcación de bloques en la parcela experimental.



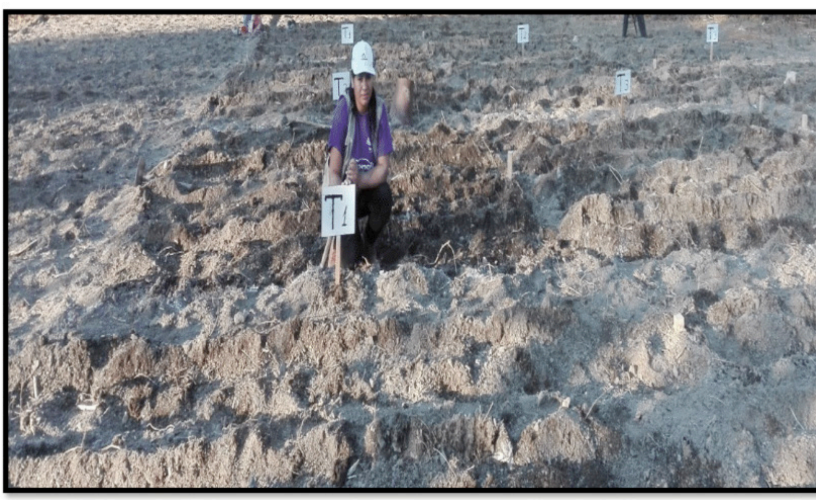
- Vista fotográfica de la aplicación del humus de lombriz al voleo en los bloques antes de la siembra.



- Vista fotográfica de la instalación del tubérculo semilla en los surcos.



- Vista fotográfica de la identificación de los bloques en la parcela experimental



- Vista fotográfica de la evaluación de la emergencia del tubérculo hacia la superficie del suelo



- Vista fotográfica de la evaluación de la altura de la planta.



- Vista fotográfica de la evaluación del diámetro del tallo de la planta de papa.



- Vista fotográfica de las labores culturales (aporque) del cultivo de la papa



- Vista fotográfica de la segunda evaluación de la altura de la planta.



- Vista fotográfica de la cosecha del tubérculo en la parcela experimental.



**CELINDA ALVAREZ ARIAS** - Ingeniero Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Andes, Maestra en Gestión Pública (Universidad Privada César Vallejo), aspirante a Doctor con mención en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Universidad Andina del Cusco); Actualmente es Profesora Auxiliar a Tiempo Completo Adscrito al Departamento Académico de Ingeniería de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**ROSA HUARACA APARCO** - Docente Investigador Renacyt. Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas, Magister en Economía (Universidad San Antoni Abad del Cusco), Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Universidad Andina del Cusco); Actualmente es Profesora Auxiliar a Tiempo Completo Adscrito al Departamento de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas.

**AYDEE KARI FERRO** - Docente Investigador Renacyt. Ingeniero Agrónomo (Universidad José Carlos Mariátegui), Magister en Gestión Pública (Universidad César Vallejo); actualmente docente auxiliar a tiempo completo de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecología y Desarrollo Rural de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**NORA GLADYS ECHEGARAY PEÑA** - Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Maestra en Educación con Mención en Docencia y Gestión Educativa (Universidad Cesar Vallejo); Profesora Asociada a Tiempo Completo Adscrito Departamento de ingeniería informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**NIKI FRANKLIN FLORES PACHECO** - Ingeniero Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Andes; Actualmente es Profesor Auxiliar a Tiempo Completo Adscrito Departamento Académico de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac.

**FIDELIA TAPIA TADEO** - Docente Investigador Renacyt. Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Magister Scientiae (Universidad Nacional Agraria La Molina); Actualmente es Profesora Asociado a Tiempo Completo Adscrito al Departamento de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas.

**MARIA DEL CARMEN DELGADO LAIME** - Docente Investigador Renacyt. Bióloga, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Maestro en Desarrollo Rural (Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco), Doctora en Biología Ambiental (Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa); Actualmente es Profesora Principal a Tiempo Completo Adscrito al Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional José María Arguedas.

**JUAN ALARCÓN CAMACHO** - Ingeniero Agrónomo, Universidad Tecnológica de los Andes, Magister Scientiae (Universidad Nacional Agraria La Molina);

Actualmente es Profesor Asociado a Tiempo Completo en la Escuela Profesional de Agronomía- Facultad de Ingeniería.

**MEDALIT VILLEGAS CASAVERDE**- Licenciado en Administración de Empresas, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac; Actualmente es Administrativo de la Universidad Nacional José María Arguedas.

**CALIXTO CAÑARI OTERO** - Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Maestro en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles (Universidad Ricardo Palma); Actualmente es Profesor Asociado a Tiempo Completo en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil- Facultad de Ingeniería.

**HANS YURI GODOY MEDINA** - Profesor y Contador Público, Universidad Cesar Vallejo, Maestro en Gestión Pública (Universidad Cesar Vallejo); Actualmente es Profesor nombrado en Educación Básica Regular.

**GRECIA VALVERDE MAMANI**- Licenciado en Administración de Empresas, Universidad Nacional José María Arguedas, Maestro en Administración con Mención en Gestión Pública (Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle); Actualmente es Profesor auxiliar a Tiempo Completo en la Escuela Profesional de Administración de Empresas de la Universidad Nacional José María Arguedas.

# HUMUS DE LOMBRIZ SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PAPA


www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

# HUMUS DE LOMBRIZ SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PAPA

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023